Berlin 1971

Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anomalen Fließgewässer (Erft/Niederrhein)

von Günther Friedrich

1971

Schriftenreihe der Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Heft 33 · 1973

Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anomalen Fließgewässer (Erft/Niederrhein)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Würde eines Dr. rer. nat.

vorgelegt dem Fachbereich

Biologie

der Freien Universität Berlin

von

Günther Friedrich

aus Apolda in Thüringen

1. Gutachter: Prof. Dr. J. Gerloff

2. Gutachter: Prof. Dr. Th. Eckardt

3. Gutachter: Frau Prof. Dr. CH. Thielke

Tag der Promotion: 15. 10. 1971

ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM THERMISCH ANOMALEN FLIESSGEWÄSSER (ERFT/NIEDERRHEIN)

Alle Rechte vorbehalten.
Herstellung: H. Kaltenmeier Söhne, 4152 Kempen-Hüls

Ökologische Untersuchungen an einem thermisch anomalen Fließgewässer (Erft/Niederrhein)

von Günther Friedrich

Schriftenreihe der Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

Heft 33 · 1973

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548901_0014

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	7
1.1.	Vorbemerkungen	7
1.2.	Zielsetzungen	7
1.3.	Begriffsbestimmung	7
1.4.	Methodik der Untersuchungen	7
1.4.1.	Untersuchung des Aufwuchses auf Glasplatten	8
1.4.2.	Untersuchung des Aufwuchses auf natürlichen Substraten	11
1.4.3.	Untersuchung der Mikrophytendrift	11
1.4.4.	Chemische und physikalische Untersuchungen	11
1.4.5.	Bakteriologische Untersuchungen	11
2.	Ergebnisse der Untersuchungen an der Erft	12
2.1.	Physiographie	12
2.2.	Hydrogeologie	12
2.3.	Klima	15
2.4.	Abfluß	15
2.5.	Strömung	16
2.6.	Makrophytenflora und -vegetation	23
2.7.	Beschreibung der Probenstellen	23
2.8.	Chemische und physikalische Untersuchungen	27
2.8.1.	Vorbemerkungen	27
2.8.2.	Wassertemperatur	31
2.8.3.	Sauerstoff	35
2.8.4.	Hydrogenkarbonat und freies Kohlendioxid	40
2.8.5.	Wasserhärte, Sulfat, Calcium und Magnesium	40
2.8.6.	Alkali-Metalle und Chlorid	43

Seite

2.8.7. Wasserstoffionenkonzentration 44

2.8.8. Gesamtleitfähigkeit 44

2.8.9. Eisen und Mangan 46

2.8.10. Stickstoffverbindungen (Nitrat, Nitrit und Ammonium) 47

2.8.11. Phosphat 49

2.8.12. Biochemischer Sauerstoffbedarf 52

2.8.13. Kaliumpermanganatverbrauch 60

2.9. Bakteriologische Befunde 61

2.10. Aufwuchsuntersuchungen 66

2.10.1. Autökologischer Teil 66

Bacteriophyceae 66

Cyanophyceae 69

Rhodophyceae 73

Cryptophyceae 74

Chrysophyceae 75

Farblose Flagellaten unsicherer Stellung 78

Xanthophyceae 78

Diatomophyceae 79

Euglenophyceae 92

Chlorophyceae 94

Zygophyceae 99

Charophyceae 99

Protozoa 99

Rhizopoda 99

Ciliata, sessile Formen 100

Suctoria 102

2.10.2. Synökologische Betrachtungen 103

2.11. Die jahreszeitliche Periodik des Aufwuchses, insbesondere im thermisch anomalen Unterlauf 110

2.12. Der Einfluß der anomal hohen winterlichen Wassertemperaturen im Unterlauf auf die Makrophyten 112

2.13. Mikrophytendrift 113

3. Zusammenfassung 118

4. Literaturverzeichnis 119

1. Einleitung

1.1 Vorbemerkungen

Die Erft ist ein linker Nebenfluß des Rheins, der südwestlich von Bad Münstereifel entspringt und nach rund 105 km Lauf bei Neuss in den Rhein mündet. Im Oberlauf nur durch kleinere Mengen häuslichen Abwassers belastet, wird die Erft im Mittellauf stark verschmutzt. Im Unterlauf erfährt das Gewässer eine weitgehende Veränderung. Große Mengen von Grundwasser, die zur Entsümpfung der Braunkohletagebaue westlich von Köln abgepumpt werden müssen, fließen der unteren Erft zu, wodurch dieser Flußabschnitt ständig mittleres Hochwasser führt. Da die zugeleiteten Grundwässer ein Mehrfaches des Trockenwetterabflusses betragen, ist heutzutage die untere Erft ein eigenes Gewässer, in welches die mittlere Erft mündet.

Am bemerkenswertesten ist jedoch die Tatsache, daß durch das ständig gleich warme Grundwasser im Unterlauf der Erft ein thermisch anomales Fließgewässer vorliegt, in dem kaum tages- und jahresperiodische Temperaturschwankungen auftreten.

Über den Abfluß, die wichtigsten Zuläufe und die Klassifizierung des Gewässers nach Saprobienstufen informiert die Farbtafel.

Die Untersuchung wurde im Auftrag des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NW an der Limnologischen Station Niederrhein in der Max-Planck-Gesellschaft durchgeführt.

Zu danken habe ich Herrn Prof. J. Gerloff für seine stetige Hilfe und Beratung, Herrn Prof. Th. Eckardt für die Förderung der Arbeit und Herrn Dr. H. V. Herbst für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes.

Bei der Bestimmungsarbeit haben mich unterstützt: Dr. D. Backhaus (Cyanophyceae, Chaetophorales), Prof. J. Gerloff (Diatomophyceae) Dipl. Biol. K. Heuss (Ciliata),Prof. C. van den Hoek *(Cladophora, Rhizoclonium)*, Dr. J. Komárek (Cyanophyceae), Prof. A. Rieth *(Vaucheria)*, Dr. W. Schönborn (Rhizopoda) und Dr. Schultze-Motel (Bryophyta).

Nicht zuletzt gilt mein Dank dem Großen Erftverband für wasserwirtschaftliche Auskünfte und den Mitarbeitern der Limnologischen Station für Hilfe bei chemischen und bakteriologischen Analysen.

1.2. Zielsetzungen

Die Besonderheiten gerade der unteren Erft waren der Anlaß, das Gewässer ökologisch zu untersuchen. Nach Vorversuchen im Spätsommer 1965 und zu Beginn des Jahres 1966 wurde die Erft von Mai 1966 bis Mai 1968 in zwei Jahresserien eingehend biologisch, chemisch, physikalisch und bakteriologisch untersucht. In der folgenden Aufstellung sind die wesentlichen Zielsetzungen zusammengestellt.

1. Feststellung der floristischen und faunistischen Zusammensetzung der Aufwuchsbiozönose.
2. Untersuchung des jahreszeitlichen Aspektwechsels dieser Lebensgemeinschaft, insbesondere im Hinblick auf die anomal hohen Wassertemperaturen der unteren Erft im Winter.
3. Synökologische Bearbeitung der biologischen Befunde und Gliederung des Gewässers an Hand von Aufwuchsorganismen.
4. Vergleichend dazu die Untersuchung der Mikrophytendrift.
5. Parallel zu den biologischen Untersuchungen Feststellung der wichtigsten chemischen und physikalischen Parameter, die für eine ökologische Aussage von Bedeutung sind unter besonderer Berücksichtigung des Jahrganges.
6. Feststellung des Gehaltes an Bakterien (Gesamtkeimzahl und Colibakterien).
7. Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Verschmutzung und Aufwuchsorganismen mit dem Ziel, bisher nicht berücksichtigte Arten zur saprobiologischen Indikation heranzuziehen.
8. Untersuchung des Einflusses der anomal hohen Wassertemperaturen der unteren Erft im Winter auf die Makrophytenflora und -vegetation.

1.3. Begriffsbestimmung

Über die Terminologie der substratabhängigen Mikrophyten ist in neuerer Zeit zusammenfassend berichtet worden von SLÁDEČKOVÁ 1962, SCHLÜTER 1966 und BACKHAUS 1967b. In der hier vorliegenden Arbeit wird der Begriff Aufwuchs synonym mit Periphyton verwendet, gemäß der Definition bei RUTTNER 1962 S. 209: „Unter Aufwuchs verstehen wir alle einer festen Unterlage anhaftenden, aber (im Gegensatz zu den im Boden wurzelnden Pflanzen oder gewissen Parasiten) nicht in diese eindringenden Organismen." Mitberücksichtigt sind auch die Arten, welche im Sinne von BEHRE als „Metaphyton" zu bezeichnen sind. Es ist dies „die Gesamtheit der in den Watten der größeren Algen oder zwischen den höheren Pflanzen und ihren Teilen lebenden nicht festsitzenden pflanzlichen Kleinformen" (BEHRE 1967 S. 142).

1.4. Methodik der Untersuchungen

Für die Untersuchung des Gewässers wurden zunächst 14 Probenstellen ausgewählt, zu denen im zweiten Untersuchungsjahr noch drei weitere hinzugenommen wurden. Die einzelnen Probenstellen sind im Abschnitt 2.7. (vgl. S. 23 - 27) beschrieben.

Der botanisch-ökologische Teil der vorliegenden Arbeit wurde vom Fachbereich Biologie der Freien Universität Berlin als Dissertation angenommen.

1.4.1. *Untersuchung des Aufwuchses auf Glasplatten*

Zur Untersuchung der Aufwuchsorganismen wurden Glasplatten (normale Objektträger für die Mikroskopie) in eigens dafür gebauten Rahmen aus Kunststoff (vgl. Tafel 1) im Gewässer exponiert. Der Rahmen wurde so groß gewählt, daß er 4 Objektträger-Paare nebeneinander aufnehmen konnte. Da bei dieser Anordnung jeweils zwei Objektträger übereinanderliegen, bewachsen ihre Innenseiten nicht oder doch nur sehr schwach, so daß sie zur Untersuchung nicht umständlich gereinigt werden müssen. Außerdem können bei waagerechter Exposition Ober- und Unterseite miteinander verglichen werden. Weiterhin bietet das Gerät der Strömung fast keinen Widerstand, so daß auch der Faktor Strömung auf das künstliche Substrat in gleicher Weise wie auf die natürlichen Substrate einwirken kann. Um die Verhältnisse auf den künstlichen Aufwuchsträgern noch weiter den natürlichen anzupassen, wurden die Glasplatten in unmittelbarer Nähe zum natürlichen Aufwuchs im Fluß exponiert, d. h. im Oberlauf direkt über dem Grunde, im stark getrübten, schnell fließenden Mittellauf in 10 bis 20 cm Tiefe dicht am Ufer und im Unterlauf ebenfalls etwa 20 cm unter dem Wasserspiegel am Ufer zwischen den Makrophyten.

Während bei dem von PATRICK et al. (1954) entwickelten Catherwood Diatometer der Einfluß der Strömung weitgehend ausgeschaltet wird, wurden bei den hier vorliegenden Untersuchungen möglichst naturnahe Verhältnisse angestrebt. Der Einfluß der Entfernung von der Wasseroberfläche dürfte im flachen Bergbach keine Rolle spielen. Wegen des höheren Gehaltes an treibenden Feststoffen und der dadurch bedingten Einengung der phototrophen Schicht wurde im Unterlauf mit Hilfe eines unbeschichteten Filmstreifens die Abhängigkeit des Aufwuchses von der Expositionstiefe untersucht. Dabei zeigte sich, daß von 10 bis 50 cm Tiefe kein Unterschied festzustellen ist, der über die normalen Schwankungen hinausgeht, die auch von Objektträger zu Objektträger auftreten. Deshalb können Schwankungen der Wassertiefe bis zu diesem Betrag vernachlässigt werden. Die Ergebnisse des Versuchs sind auf Abb. 1 dargestellt.

Sicherheitshalber wurden alle Probenstellen doppelt mit Rahmen besetzt, weil immer mit Verlusten gerechnet werden mußte. Zur Exposition im Fluß wurden Eisenstäbe von 10 mm Durchmesser senkrecht in den Boden gerammt, an deren oberem Ende ein Bandeisen von 10-15 mm Breite waagerecht angeschweißt war. Am freien Ende des Bandeisens wurde der Rahmen mit kunststoffüberzogenem, verzinktem Draht befestigt. Das lange Bandeisen diente dazu, an dem Eisenstab hängenbleibendes Getreibsel vom Rahmen mit den Objektträgern fernzuhalten. Die hier beschriebene Anordnung hat sich an der Erft sehr gut bewährt. Nachteilig ist lediglich die starre Befestigung des Bewuchsträgers in Zeiten mit kurzzeitig schwankenden Wasserständen, weil bei mehr als um $^1/_2$ m höherem Wasserspiegel die Rahmen kaum noch erreichbar sind. In diesem Falle, der nur sehr selten eingetreten ist, mußte nach Ablauf des Hochwassers der Aufwuchs nachträglich entnommen werden. Grundsätzlich wurden die Rahmen so im Fluß exponiert, daß die Glasplatten waagerecht lagen. Im Unterlauf erfolgte an Probenstellen mit schwacher Strömung vertikale Exposition der Objektträger, damit nicht zu viele Minerale und Detritus abgelagert werden konnten, wodurch die Zusammensetzung der Biozönose verfälscht worden wäre. Vergleichende Untersuchungen haben gezeigt, daß auf vertikal exponierten Objektträgern der Aufwuchs dem der Oberseite horizontal exponierter sowohl qualitativ als auch quantitativ gleichwertig ist, wenn die horizontal liegenden nicht durch Schlamm abgedeckt sind. Gelegentliche Vergleiche des Aufwuchses auf Glasplatten und Plastikfolie ergaben weder qualitativ noch quantitativ signifikante Unterschiede, so daß die hier vorliegenden Untersuchungen z. B. mit den Ergebnissen von BACKHAUS (1967 a, b, 1968 a, b, c) unmittelbar vergleichbar sind.

Zur Ermittlung der günstigsten Expositionsdauer wurden Vorversuche in allen Bereichen der Erft vorgenommen. Solche Tests fordert SLÁDEČKOVÁ (1962) generell bei Aufwuchsuntersuchungen. Die optimale Expositionsdauer betrug in der Erft ca. 30 Tage. Auch andere Autoren kamen zu dem Ergebnis, daß ein Monat die günstigste Expositionszeit darstellt (z. B. BACKHAUS 1967, BLUM 1957, BUTCHER 1940, SCHLÜTER 1966, SLÁDEČEK und SLÁDEČKOVÁ 1963).

Bei kürzeren Expositionszeiten sind die Kieselalgen überrepräsentiert und viele Grün- und Blaualgen noch nicht bestimmbar. Längere Expositionszeiten sind deshalb nicht günstig, weil sich dann schon die normale jahreszeitliche Sukzession bemerkbar macht. Auf Abb. 2 ist das Ergebnis vergleichender Untersuchung einmonatiger (30. 8. bis 27. 9.) und viermonatiger (6. 6. bis 20. 9.) Exposition für die Probenstelle 11 dargestellt. Beide Aufwuchsträger waren unabhängig von ihrer Expositionsdauer Ende September fast völlig gleich bewachsen. Die vorangegangenen drei Monate sind also für die Besiedlung im letzten Monat ohne wesentliche Wirkung geblieben. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde ein 4-Wochen-Rhythmus gewählt, weil sich das arbeitstechnisch am besten einrichten ließ. Zudem können auf diese Weise mögliche Schwankungen der Abwasserzuführung in Abhängigkeit vom Wochentag ausgeschaltet werden.

Für die quantitative Aussage über den Aufwuchs wurde eine sechsstufige Schätzskala verwendet, wobei im einzelnen bedeuten:

1 — sehr selten, Einzelfunde,
2 — selten,
3 — zerstreut,
4 — häufig
5 — sehr häufig,
6 — massenhaft.

Soweit überhaupt eine Unterscheidung ohne Präparation möglich war, wurde auch der Anteil der Kieselalgen direkt auf der lebenden Probe geschätzt, so daß für die Anfertigung der Kieselalgen-Präparate keine besonderen Vorkehrungen bezüglich repräsentativer Mengen nötig waren.

Gütebild der Erft

Abfluß: MNQ
gestrichelte Linie: natürlicher Abfluß (ohne Sümpfungswasser)

blau: Güteklasse I (oligosaprob)
grün: Güteklasse II (β-mesosaprob)
gelb: Güteklasse III (α-mesosaprob)
rot: Güteklasse IV (polysaprob)
schraffiert: Zwischenstufen

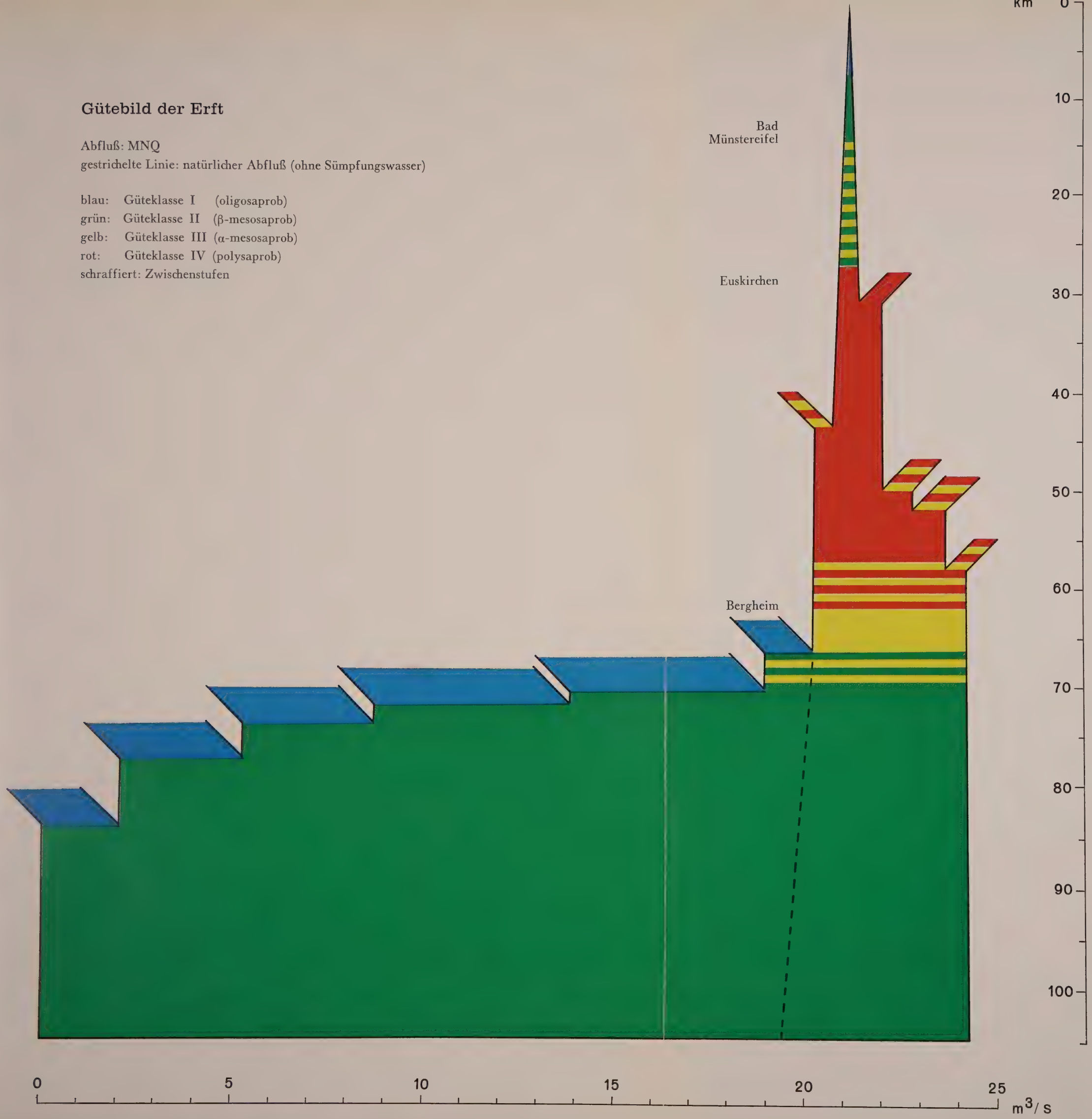


Abb. 1 Vertikale Zonierung des Aufwuchses im Unterlauf
(Wevelinghoven, Probenstelle 13)
Exposition: 17 .8. - 2. 9. 1966

Wassertiefe in cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Bacteriophyceae											
Crenothrix polyspora				1	1					1	1
Siderocapsa treubii	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	2
Sphaerotilus natans f. eutrophica	4	4	4	4	3	2	2	4	4	4	4
Cyanophyceae											
Chamaesiphon incrustans	1				1	1			1		
Rhodophyceae											
Compsopogon hookeri	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	3
Chrysophyceae und farblose Flagellaten											
Anthophysa vegetans		1					1	1			1
Salpingoeca obliqua	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
farblose Flagellaten	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3
Diatomophyceae											
Achnanthes lanceolata	3	1	2	3	3	1	2				1
Achnanthes linearis			1								
Cocconeis pediculus											1
Cocconeis placentula	3	3	3	1	2	3	1	1	1	1	
Cymatopleura solea				1							
Gomphonema angustatum	4	3	3	2	2	1	1			1	
Navicula cryptocephala	1	1	1	1	1			1			
Navicula mutica	3	1		2	2				3		
Navicula viridula	1				1		1				1
Nitzschia palea	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
Nitzschia sigmoidea							1				
Nitzschia thermalis						1					
Pinnularia gibba			1	1							1
Surirella ovata							1				
Surirella tenera											1
Euglenophyceae											
Euglena pisciformis	1										
Euglena proxima	1		1				1		1	1	
Peranema trichophorum											1
Chlorophyceae											
Chlamydomonas sp.	1	1									
Coleochaete soluta	1	1	1	1							
Oedogonium capillare		1	1	1					1		
Protoderma sp.	3	2	2	1	1	1	1	2		1	1
Sphaerobotrys fluviatilis			1	1							1
Stigeoclonium farctum Lager	3	3	3	3	3	3	3	3	2		
Stigeoclonium farctum Lager + Wassertriebe	4	4	4	4	3						
Stigeoclonium farctum var. rivulare	4	4	4	4	4	5	4	3	2	2	
Stigeoclonium tenue Lager	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Stigeoclonium tenue Lager + Wassertriebe	3	3	2	1	1		1			1	
Sessile Ciliata											
Carchesium polypinum							1				
Epistylis sp.		1									
Platycola truncata	1		1		1	1	1	1	2	2	2
Vorticella microstoma									1		
Vorticella similis	1	1	1	2	3	2	2	3	2	3	2
Rhizopoda											
Amoeba sp.											1
Centropyxis aculeata						1			1		1
Difflugia sp.			1			1			1		1
Microcometes paludosa	1	1		1	1	1			1		

Abb. 2 Vergleich der Expositionszeiten 1 u. 4 Monate im Unterlauf (Morken, Probenstelle 11)
Expositionszeiten:
30. 8. - 27.9. 1966, 6. 6. - 20. 9. 1966

Bacteriophyceae		
Crenothrix polyspora	1	2
Gallionella ferruginea	1	2
Siderocapsa treubii	3	4
Sphaerotilus natans f. eutrophica	2	4
Sphaerotilus natans f. ochracea	-	1
Spirillum spec.	1	-
Thiothrix nivea	1	1
Cyanophyceae		
Chamaesiphon incrustans	-	1
Pseudanabaena catenata	-	1
Scopulonema minus	1	-
Rhodophyceae		
Comsopogon hookeri	2	2
Pseudochantransia Typ II	1	1
Chrysophyceae und farbl. Flagellaten		
Anthophysa vegetans	1	1
Bodo spec.	2	1
Codosiga botrys	1	-
Salpingoeca obliqua	5	3
Diatomophyceae		
Achnanthes hungarica	3	1
Achnanthes lanceolata	2	4
Achnanthes linearis	1	1
Amphora ovalis var. pediculus	1	-
Cocconeis placentula	2	3
Gomphonema angustatum	1	3
Navicula cryptocephala	1	-
Navicula viridula	1	-
Navicula spec.	1	-
Nitzschia capitellata	1	1
Nitzschia dissipata	1	-
Nitzschia kützingiana	1	-
Nitzschia linearis	1	-
Nitzschia palea	2	2
Nitzschia recta	1	-
Surirella angustata	1	-
Euglenophyceae		
Anisonema acinus	2	-
Euglena klebsii	1	-
Chlorophyceae		
Coleochaete soluta	2	1
Gongrosira incrustans	2	1
Oedogonium capillare	1	-
Protoderma spec.	1	-
Sphaerobotrys fluviatilis	2	3
Stigeoclonium farctum	2	-
Stigeoclonium farctum var. rivulare	1	3
Stigeoclonium tenue	2	2
Ulothrix tenerrima	2	-
Protozoa		
Apogromia mucicola	2	3
Microcometes paludosa	3	3
Platycola truncata	1	1
Metazoa		
Ancylus fluviatilis	-	1

Die Schätzung der Häufigkeit nach einer sechsstufigen Skala erscheint zunächst als recht grobe quantitative Aussage, doch ist es in der Praxis unmöglich, genauere Angaben zu machen. Der Bewuchs in der überall mehr oder weniger eutrophen Erft ist in der Regel mehrschichtig. Einzelindividuen sind oft nicht sicher voneinander zu trennen, z. B. bei *Stigeoclonium*-Arten. Hinzu kommt, daß absolute Individuenzahlen bei der enormen Spannweite der Größen von wenigen µm z. B. *Siderocapsa treubii* bis zu Millimetergröße, z. B. *Gongrosira incrustans* von höchst fragwürdigem Wert sind. Es haben sich deshalb auch die meisten Bearbeiter des Algenbewuchses einer solchen Schätzskala bedient. Schon BUDDE, der zunächst bei seinen ökologischen Arbeiten (1931, 1932, 1933) Zählungen nach der in der Palynologie üblichen Methode angewendet hatte,

ist später wieder davon abgegangen, „denn die durch mühsame und zeitraubende Zählung erlangte größere Genauigkeit entspricht nicht dem wirklichen Werte" (BUDDE 1934 S. 5). Da die Problematik der quantitativen Angaben bei Bewuchsuntersuchungen schon eingehend diskutiert ist, so zusammengefaßt bei LUND und TALLING (1957), SLÁDEČKOVÁ (1962), BEHRE (1966) und zuletzt bei BACKHAUS (1967 a), soll sie hier nicht noch einmal aufgegriffen werden. Als quantitatives Maß bieten sich natürlich noch andere Daten an, die bei SCHWOERBEL (1966) zusammengestellt sind, z. B. Trockengewicht und Glühverlust, Frischvolumen oder die Bestimmung der Chlorophyllmenge bezogen auf eine definierte Bewuchsfläche. Mit diesen Methoden würde man die jahresperiodischen Schwankungen an der Probenstelle erfassen können. Bei den Vorversuchen zeigte sich jedoch, daß zumindest makroskopisch gleich große Mengen an Biomasse von völlig unterschiedlichen Organismen gebildet werden, z. B. *Hydrurus foetidus* im Oberlauf und *Stigeoclonium tenue* im Mittellauf, so daß für die hier vorliegende Fragestellung kein Vorteil in der Anwendung einer solchen Bestimmungsmethode gelegen hätte. Im Rahmen dieser Arbeit interessierte nicht die sehr stark von der Strömung (z. B. Verluste durch Hochwasser) und damit von den Wetterverhältnissen abhängige absolute Menge an im Bewuchs produzierter Biomasse, organischer Substanz oder Chlorophyllmenge, sondern die Periodizität der einzelnen Formen und der Gesamtbiozönose entlang des Gewässers und im Laufe des Jahres.

Die bewachsenen Objektträger wurden in mit Standortwasser gefüllten 100-Milliliter-Kautexflaschen gekühlt transportiert und anschließend untersucht. Die Untersuchung lebender Proben bietet neben dem Vorteil, den Frischmaterial immer hat, die Möglichkeit, die Häufigkeit besonders solcher Formen richtig einschätzen zu können, die von fixierten Proben leicht herunterfallen, wie viele Kieselalgen und Flagellaten. Zusätzlich wurde je 1 Paar Objektträger fixiert, damit für weitere Untersuchungen noch Material zur Verfügung stand. Von den Lebendproben wurde nach der Bearbeitung der gesamte Bewuchs mit einer scharfen Rasierklinge abgeschabt und mit konzentrierter Salpetersäure gekocht, um von dem Material Kieselalgen-Streupräparate anfertigen zu können.

1.4.2. *Untersuchung des Aufwuchses auf natürlichen Substraten*

Der Aufwuchs auf Glasplatten und Plastikfolien ist nicht bei allen Arten gleich intensiv wie auf natürlichem Substrat. Abgesehen von *Batrachospermum* und ganz seltenen Arten, waren alle Algen sowohl auf natürlichem als auch auf künstlichem Substrat vorhanden. Quantitative Unterschiede zeigten sich vor allem bei den Kalkkrusten bildenden Formen, die auf Steinen in viel dichteren Beständen auftraten als auf den Aufwuchsträgern, eine Folge der wesentlich längeren Expositionszeit natürlicher Substrate. Ergänzend zu den Untersuchungen der Glasplatten wurde im ersten Untersuchungsjahr gelegentlich, im zweiten dann regelmäßig einmal im Monat der natürliche Aufwuchs an den Probenstellen gesammelt und untersucht, um so die Ergebnisse zu ergänzen und abzurunden.

1.4.3. *Untersuchung der Mikrophytendrift*

Neben dem Aufwuchs wurden auch die Algen in der fließenden Welle untersucht. Aufgrund der starken Strömung der Erft, verbunden mit dem Fehlen von Altwässern und der Einleitung planktonfreien Grundwassers, kann sich kein Potamoplankton entwickeln. Es handelt sich bei den aufgefundenen Formen meist um solche, die eigentlich zum Aufwuchs bzw. zum Metaphyton im Sinne von BEHRE (1956, 1967) gehören. Zur Untersuchung kamen Schöpfproben, die in 25 ccm Röhrenkammern lebend über Nacht im Kühlschrank sedimentiert und anschließend mit Hilfe des Plankton-Mikroskops nach UTERMÖHL untersucht wurden. Wegen des oft sehr hohen Anteils an mineralischen Bestandteilen war die Verwendung größerer Wassermengen nicht möglich. Für eine exakte Zählung waren jedoch die Individuenzahlen fast immer zu gering, so daß auch hier als quantitative Aussage die obengenannte Schätzskala mit den Stufen 1-6 zur Anwendung kam (vergl. S. 8). Auch so kann ein recht genauer Einblick in die Dynamik dieses Teiles der Biozönose gewonnen werden.

1.4.4. *Chemische und physikalische Untersuchungen*

Paralell mit der Entnahme des Aufwuchses wurden Proben für die bakteriologische sowie chemische und physikalische Untersuchung des Wassers entnommen. Zur Messung der Wassertemperatur diente ein geeichtes Thermometer mit 0,1°C-Teilung. pH und Leitfähigkeit wurden zeitweise an Ort und Stelle elektrometrisch bestimmt, überwiegend jedoch am nächsten Tag im Labor. Zum Transport der Proben wurden Polyäthylenflaschen verwendet, die in gekühlten Behältern transportiert wurden, so daß die Proben kurz nach der Entnahme aus dem Gewässer schon auf Kühlschranktemperatur heruntergekühlt waren. Dieses Verfahren hat den Vorteil der Einfachheit und ist nicht ungenauer als die Fixierung der Proben, die manchmal angewendet werden muß, aber auch große Fehlerquellen birgt, wie HEGI und FISCHER (1969) für Stickstoffverbindungen, den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB_5), den $KMnO_4$-Wert und das Orthophosphat im biologisch geklärten Abwasser zeigen konnten. Nach THAYER (1970) ist für Stickstoff- und Phosphorverbindungen das Schnelleinfrieren mit Trockeneis die beste Konservierungsmethode, die aber nicht angewendet werden konnte. Die Proben für die chemischen Analysen wurden nach Aufbewahrung über Nacht im Kühlschrank am folgenden und übernächsten Tage untersucht.

1.4.5. *Bakteriologische Untersuchungen*

Die Entnahme der Proben für die bakteriologische Untersuchung erfolgte ohne besonderes Gerät mit sterilisierten Glasflaschen in 10 bis 20 cm Wassertiefe. Die Proben wurden ebenfalls gekühlt transportiert und am nächsten Tage verarbeitet. Mittels Membranfilter und Nährkartonscheiben der Firma Sartorius, Göttingen, wurden Gesamtkeimzahl und Colibakterien bestimmt.

2. Ergebnisse der Untersuchungen an der Erft

2.1 Physiographie

Die Physiographie des Erftgebietes ist zusammenfassend bei KÖRBER (1962) dargestellt, dem ein Teil der folgenden Daten entnommen ist.

Der Ursprung der Erft liegt im Bereich der Sötenicher Kalkmulde in der Nordeifel. Der mündungsfernste Quellbach, der Kuhbach, entspringt westlich des Dorfes Frohngau in etwa 510 m + NN. Nach rund 2 km Lauf vereinigt er sich mit dem Borbach, um nach weiteren 500 Metern unmittelbar am Westrand des Ortes Holzmülheim das Wasser der sogenannten „Erftquelle" aufzunehmen. Die Quelle ist gefaßt und sollte ursprünglich der Trinkwasserversorgung von Bad Münstereifel dienen. Das Wasser wurde jedoch verworfen. Nach rund 20 km Lauf in nördlicher Richtung erreicht die Erft in etwa 200 m + NN bei Rheder den Gebirgsfuß. Bis dahin erhält sie nur den Eschweiler Bach als linksseitigen Zufluß. Bei Rheder wird ein großer Teil des Wassers in den Kuchenheimer Mühlengraben abgeschlagen. Es wird oberhalb Groß Vernich der Erft wieder zugeführt.

Die Gebirgsfußstrecke reicht von Rheder bis zur Veybachmündung unterhalb Euskirchen. Hier tritt die Erft mit dem oberen Teil ihres Mittellaufes in eine flache Bördenlandschaft ein. Bei Weilerswist mündet der einzige nennenswerte rechte Zufluß der Erft. Allerdings ist die Swist die gerade Verlängerung des talwärts liegenden Erftteiles, denn unterhalb der Swist biegt die Erft aus nördlicher in nordwestliche Fließrichtung um. Die ausgeprägte Asymmetrie des Erftsystems — überwiegend linke Zuflüsse — zeigt sich auch bei der Swist und ist geologisch-tektonisch bedingt.

Von der Swistmündung bis Mödrath erstreckt sich der mittlere Teil des Mittellaufes der Erft. Bei Mödrath wird ein Teil des Erftwassers in den Kölner Randkanal abgeschlagen. Kurz unterhalb des Abschlages mündet der Neffelbach, der relativ viel verschmutztes Wasser zuführt.

Weiterhin erfolgten — zumindest während der Untersuchungszeit — Einleitungen von Grundwasser, die der Trockenlegung des Tagebaues Frechen dienten.

Bei Bergheim beginnt der Unterlauf der Erft. Gleichzeitig ändert sich der Charakter des Gewässers grundlegend. Große Grundwassermengen, die zur Trockenhaltung („Entsümpfung") der Braunkohletagebaue abgeleitet werden müssen, werden in die untere Erft eingeleitet. Sie führt daher ständig gleichbleibend mittleres Hochwasser.

Zwischen Kaster und Gustorf biegt die Erft in nordöstliche Fließrichtung um, die sie bis zur Mündung in den Rhein in 35 m + NN bei Neuss beibehält. Entsprechend den Gefälleverhältnissen kann die Erft in Anlehnung an KÖRBER (1962, S. 100) in folgender Weise gegliedert werden:

1. *Oberlauf*
   a) Obere Gebirgsstrecke bis Schönau, Gefälle über 22 ‰,
   b) untere Gebirgsstrecke, Schönau-Rheder, Gefälle 12 ‰,
   c) Gebirgsfußstrecke Rheder bis zur Veybachmündung, Gefälle 8 ‰,
2. *Mittellauf*
   a) oberer Teil, Veybachmündung bis Swistmündung, Gefälle 3,3 ‰,
   b) mittlerer Teil, Swistmündung bis Horrem, Gefälle 1,2 ‰,
3. *unterer Mittellauf und oberer Unterlauf,* Horrem bis Grevenbroich, Gefälle 0,8 bis 0,4 ‰,
4. *unterer Unterlauf*
   Grevenbroich bis zur Mündung, Gefälle 0,6 bis 0,7 ‰,

Die Erft ist mit Ausnahme kurzer Strecken im Oberlauf völlig ausgebaut und weithin kanalisiert.
Das Erftbett wird im Oberlauf ganz überwiegend von Kalkstein gebildet. Nur an langsam fließenden Strekken ist der Boden, zumindest teilweise, von Schlamm bedeckt.

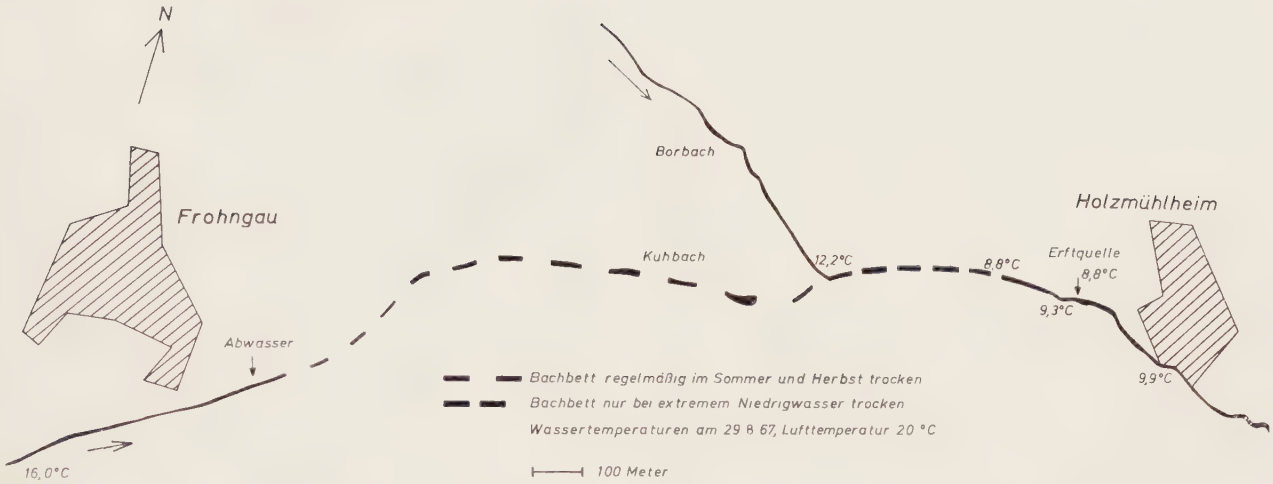
Der schnell fließende Mittellauf ist im Gegensatz zum Oberlauf durch Abwasser stark getrübt. Die Auskleidung des Bachbettes besteht hier meist aus Grauwacke, die hauptsächlich zum Ausbau des Bachbettes und seiner Ufer verwendet worden ist. Dazwischen lagert häufig sehr viel Faulschlamm. Im Unterlauf besteht der Steinwurf der Uferbefestigung vorwiegend aus Grauwacke und Kalkstein. Den Boden des Gewässers nehmen sandige und schlammige Ablagerungen ein. Die Erft ist im Unterlauf ständig durch Mineralien ziemlich stark getrübt, so daß die Sicht bei Wassertiefen von 1 bis 1,5 m höchsten 60 cm beträgt, meist weniger.

2.2 Hydrogeologie

Wie schon erwähnt, entspringt die Erft einer der Eifelkalkmulden. Entsprechend ist das Wasser mäßig hart und hat einen hohen pH-Wert. Eine Besonderheit des Erftquellgebietes sind Karsterscheinungen. Obgleich hierüber eingehende Untersuchungen vorliegen, soll an dieser Stelle noch einmal darauf eingegangen werden.

M. SCHNEIDER (1953) hat im Rahmen seiner Arbeit über „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft im Gebiet der Erftquellflüsse (Nordeifel)" eine Versickerung bei Frohngau beobachtet. Obgleich die Beschreibung der Örtlichkeit an der Versickerungsstelle mit den vorgefundenen Verhältnissen nicht exakt übereinstimmt, kann aus SCHNEIDERS hydrogeologischer Karte entnommen werden, daß die Versickerung des Borbaches westlich von Roderath gemeint ist. Dagegen wird der

Abb 3 Schwinden der Erftquellbäche



Kuhbach zwischen Frohngau und der Einmündung des Borbaches als durchgehendes Gewässer bezeichnet.

Erstmalig im Oktober 1966 konnte festgestellt werden, daß der Kuhbach unterhalb der Abwassereinleitung von Frohngau versiegt. Im weiteren Verlauf der Beobachtungen zeigte sich, daß der Kuhbach zwischen Frohngau und der Borbachmündung (vergl. Abb. 3) regelmäßig im Spätsommer austrocknet. Nach mündlicher Mitteilung eines Anwohners soll das Trockenfallen des Kuhbaches erst seit einigen Jahren erfolgen. Bei extremem Niedrigwasser lag das Kuhbachbett schon unmittelbar unterhalb der Abwassereinleitung von Frohngau trocken. In Abhängigkeit vom Abfluß sind auch an verschiedenen anderen, weiter talwärts liegenden Stellen Versickerungserscheinungen zu beobachten, die wohl mit parallel zum Bachlauf nachgewiesenen Störungen der Gesteinsschichtung (GRABERT, 1960) in Zusammenhang stehen.

Oberhalb der Versickerung lag Probenstelle 1. Daher war es wichtig zu wissen, ob auch bei extrem geringem Abfluß das Wasser von Probenstelle 1 mit der Erft in Kontakt steht. Dazu wurde am 28. 8. 1967 ein Färbeversuch ausgeführt. Die Zugabe des Uranins erfolgte um 10.30 Uhr. Am darauffolgenden Tage gegen 5.30 Uhr, nach 19 Stunden, wurde von Anwohnern in Holzmülheim eine intensive Fluoreszenz des Erftwassers beobachtet. In der Zeit zwischen 10.30 Uhr und 12.00 Uhr wurde diese Färbung auch von mir festgestellt. Das bei Frohngau versickerte Wasser trat aus der Erftquelle und unmittelbar oberhalb der Fassung wieder zu Tage. Da die Erftquelle wesentlich mehr Wasser fördert als bei Frohngau versickert, muß sie noch anderweitig gespeist werden.

BALI (1969) hat später am 23. 10. 1967 gefärbt und den Wiederaustritt des Wassers aus der Erftquelle nach 18,5 Stunden festgestellt. Eine zweite Versickerung des Borbachwassers, 100 m nach Eintritt in das Bett des Kuhbaches, war bei extrem niedrigem Wasserstand, von September bis November 1967 festzustellen. 200 m unterhalb dieser Versickerung trat im Bett des Kuhbaches Wasser zutage, das — nach seiner Temperatur zu urteilen — längere Zeit subterran geflossen sein mußte. Ein weiterer Färbeversuch erfolgte jedoch nicht. Die letztgenannte Versickerung war bisher in der Literatur noch nicht erwähnt.

Nach dem Austritt aus der Eifel durchfließt die Erft bis zu ihrer Mündung ein Flachland, bei dem es sich um Terrassenlandschaften des Rheins, vor allem die der mittleren Hauptterrasse, handelt. Die Terrassen bestehen aus Schottern, Kiesen und Sanden, die entweder dicht unter der Oberfläche anstehen oder von mehr oder weniger mächtigem Löß bedeckt sind. Im Bereich des Mittel- und Unterlaufes der Erft befinden sich in den Tertiärablagerungen große, wirtschaftlich wertvolle Braunkohlevorkommen, deren Lagerung vorwiegend durch Bruchtektonik (Jungtertiär und Quartär) bestimmt ist. Diese Tektonik bedingt auch die recht komplizierten geohydrologischen Verhältnisse in diesem Raum. Aufgrund der Untersuchungen von SCHNEIDER und THIELE (1965) sowie von BALKE (1969) lassen sich die für das Verständnis der anomalen hydrologischen Verhältnisse in der unteren Erft nötigen Daten wie folgt zusammenfassen:

Für die Trockenhaltung (Entsümpfung) der Tieftagebaue muß das Wasser aus mehreren Grundwasserstockwerken mittels Brunnengalerien abgepumpt werden. Der obere Grundwasserhorizont, dessen natürlicher Vorfluter die Erft ist, besitzt einen freien Wasserspiegel. Sein Chemismus gleicht weitgehend dem des unverschmutzten Erftwassers. Das tiefe Grundwasser ist z. T. artesisch gespannt und besitzt einen vom oberen Grundwasser abweichenden Chemismus, z. T. ist es stärker mineralisiert. Die Grundwasserabsenkung erfolgt bis zu 260 m unter Flur und führt zu einer Entlastung des tieferen Grundwassers, wodurch nach BALKE (1969) Tiefenwasseraufstiege möglich sind.

Unabhängig davon sind im Gebiet auffällige positive Wärmeanomalien des Grundwassers vorhanden, als deren Hauptgrund „der Aufstieg warmer Grundwässer in dem durch zahlreiche Verwerfungen gestörten Gebiet anzusehen ist“ (BALKE 1969).

Da die untere Erft überwiegend Grundwasser aus den Tagebauen führt, bestimmt dessen Temperatur den gesamten Wärmehaushalt des Flusses.

Abb. 4 Isohyten des Erftgebietes

2.3 Klima

Klimatisch besteht das Erftgebiet aus 2 Haupträumen: Der Eifel und dem Flachland. Entsprechend den vorherrschenden Windrichtungen liegt das Einzugsgebiet der Erft im Lee der Eifel, so daß nur verhältnismäßig wenig Regen fällt. Wie die Isohyeten des langjährigen Mittels (Abb. 4) zeigen, liegt das Einzugsgebiet der Erft ganz überwiegend in einem Raum mit 600 bis 700 mm Niederschlag. Nur in sehr kleinen Gebieten wird die 800 mm Isohyete überschritten. Im Raum Euskirchen — Zülpich sinken die Niederschläge sogar erheblich unter 600 mm/Jahr. Im ersten Untersuchungsjahr 1966/67 fielen im Durchschnitt 100 bis 200 mm mehr als im langjährigen Mittel. Für 1967/68 beträgt die Abweichung rund + 50 bis + 150 mm. Die Hauptniederschlagszeit ist der Juli, während die Winter trocken sind. Die Winter sind mild und die Sommer mäßig warm (KÖRBER 1962).

2.4 Abfluß

An der Erft sind 6 Schreibpegel installiert (vgl. Abb. 12, S. 24) und zwar im Oberlauf in Eicherscheid (Pegel Eicherscheid) oberhalb Bad Münstereifel und in Arloff am Gebirgsfuß (Pegel Arloff) unterhalb Bad Münstereifel. Im Mittellauf liegt ein Pegel bei Weilerswist (KühlseggenI) oberhalb der Swistmündung und ein zweiter unterhalb der Swistmündung (Bliesheim). Im Unterlauf befindet sich ein Pegel (Glesch) unterhalb der großen Sümpfungswassereinleitung Bohlendorf bei Bergheim. Der letzte Pegel (Neubrück) liegt unterhalb Grevenbroich und registriert damit fast alles Wasser, das dem Rhein aus der Erft zufließt.

Nach den Unterlagen der Wasserwirtschaftsämter Bonn und Düsseldorf sind auf den Abb. 5-10 die Tagesmittel der Abflüsse in der Untersuchungszeit eingetragen. Mit Pfeilen wurden die Tage der Probenentnahme markiert.

Abb. 5 und 6 zeigen die beiden Pegel im Oberlauf. Sie lassen übereinstimmend erkennen, das 1967/68 der Abfluß geringer war als 1966/67. Nur im Winter traten in beiden Jahren Hochwässer auf, während 1966 mehrere Sommerhochwässer registriert wurden. Diese sind im langjährigen Mittel entsprechend der Niederschlagsverteilung sehr charakteristisch für die Erft und waren in früherer Zeit gefürchtet.

Auch die beiden Pegel im Mittellauf (Abb. 7 und 8) spiegeln den gleichmäßigeren, geringeren Abfluß im Sommer und Herbst 1967 gegenüber 1966 wider. Die zeitliche Verschiebung der Hochwasserspitzen von Kühlseggen und Bliesheim ist in erster Linie der Swist zuzuschreiben. Sie führt auch bei Niedrigwasser zeitweise mehr Wasser als die Erft selbst, wie aus dem Vergleich der Abflüsse der Pegel Kühlseggen und Bliesheim hervorgeht.

Bei den Pegeln Glesch und Neubrück (Abb. 9 und 10) spielen die anthropogenen Einflüsse auf den Abfluß eine größere Rolle als das Witterungsgeschehen. Zwischen den Pegeln Bliesheim und Glesch wurde zur Untersuchungszeit bei Mödrath ein in Abhängigkeit von der Wasserführung der Erft unterschiedlich großer Teil des Wassers abgeschlagen und über den Kölner Randkanal direkt dem Rhein zugeführt. Kurz unterhalb des Abschlages mündet der Neffelbach, der ziemlich viel Wasser führt (etwa $^1/_3$ der Erft, bezogen auf das mittlere Niedrigwasser). Entscheidend für die große Wassermenge am Pegel Glesch sind aber die Sümpfungswässer aus den Tagebauen. In welchem Maße Pegelstände und Abflüsse im Unterlauf der Erft durch den Menschen beeinflußt sind, zeigt sich am deutlichsten an den Sommerhochwässern 1966, die auf die Pegel Glesch und Neubrück ohne Einfluß blieben. Obgleich in der unteren Erft die Schwankungen der Wasserführung, verglichen mit den oberhalb liegenden Pegeln, quantitativ erheblicher waren, wirkten sie sich nicht so stark durch Schwankungen der Pegelstände aus, da die Erft hier recht breit ist. Daher traten auch keine Schwierigkeiten bei der Exposition der Aufwuchsträger auf.

2.5 Strömung

Die Strömung des Wassers ist einer der ausschlaggebenden Faktoren im Fließgewässer (AMBÜHL 1959, BLUM 1956, ZIMMERMANN 1961, IVL-Symposium über den Einfluß der Strömungsgeschwindigkeiten auf die Organismen des Wassers 1962). Leider ist trotz großer Sorgfalt keine exakte Messung der Strömungsgeschwindigkeit am Mikrobiotop des Aufwuchses möglich (SCHWOERBEL 1966).

AMBÜHL (l. c.) hat besonders auf die Bedeutung der Prantl'schen Stauschicht im Hinblick auf die Besiedlung strömungsexponierter Biotope durch Algen hingewiesen.

Die Wirkung der Strömung kann bis in kleinste Dimensionen hinein verfolgt werden. Das Mikrofoto einer Kolonie von *Siderocapsa treubii* (Tafel 5) zeigt, daß sich im Strömungsschatten der zuerst angesiedelten Individuen viel mehr *Siderocapsa*-Kapseln festsetzen, als das vor dem „Hindernis" der Fall ist.

Für die hier vorliegende Untersuchung wurde die Strömungsgeschwindigkeit mit einem Strömungsflügel der Firma Ott, Kempten, Typ Arkansas, festgestellt. Die Messungen erfolgten unmittelbar vor den Aufwuchsträgern. Daraus erklären sich die im Unterlauf sehr niedrigen Geschwindigkeiten im Sommer, denn — gebremst durch die Makrophytenvegetation — war hier nur schwache turbulente und manchmal nicht meßbare Strömung vorhanden. Die Angabe 0,0 m/s ist daher nicht ganz korrekt und bedeutet „mit Flügel oder schwimmendem Korken nicht meßbar". Schwimmende Korken wurden im Oberlauf bei extrem niedrigen Wasserständen benutzt. Die Amplitude der Messungen umfaßt auch ein Hochwasser. Alle Einzelwerte sind auf Abb. 11 dargestellt. In welchen Grenzen die Strömungsgeschwindigkeiten schwanken können, ist bei der Beschreibung der Probenstellen zu ihrer besseren Charakterisierung angegeben. Insgesamt läßt sich die Erft als mäßig rasch fließender Fluß bezeichnen.

Abb. 5 Pegel Eicherscheid
Tagesmittel der Abflüsse (m^3/s)

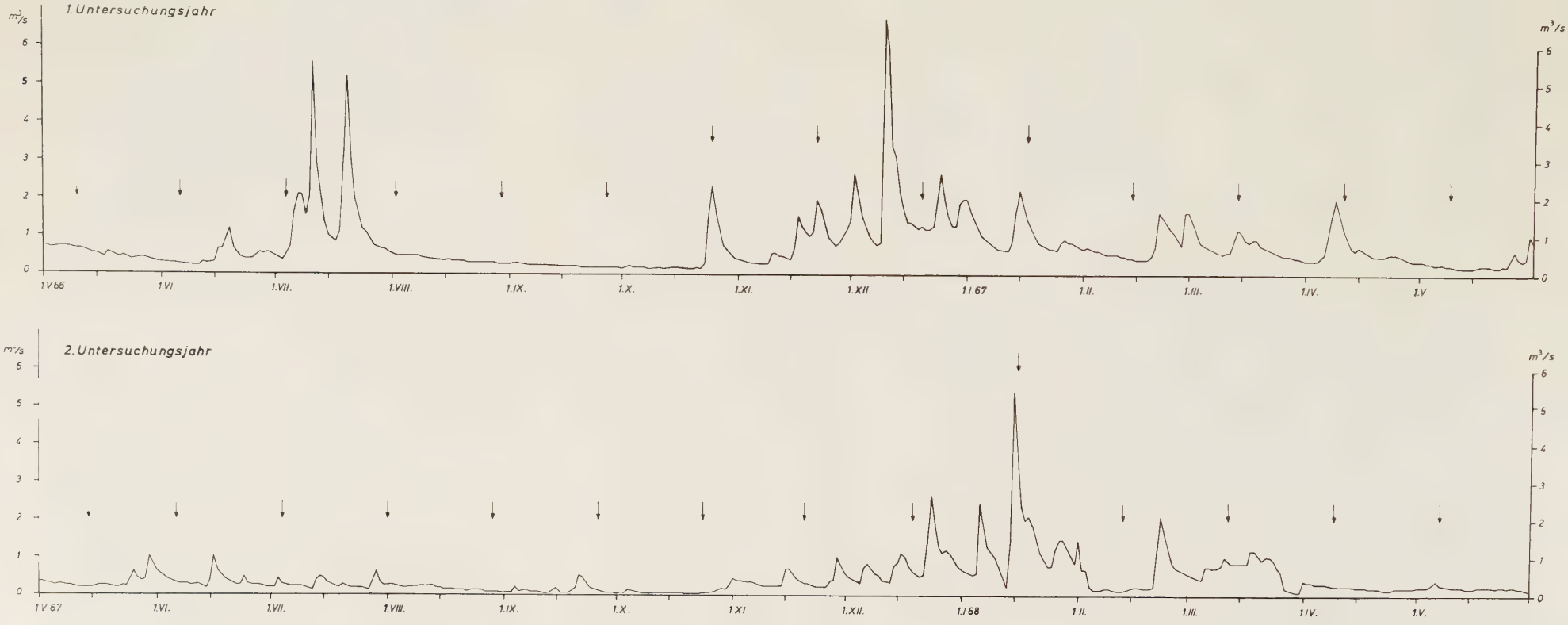
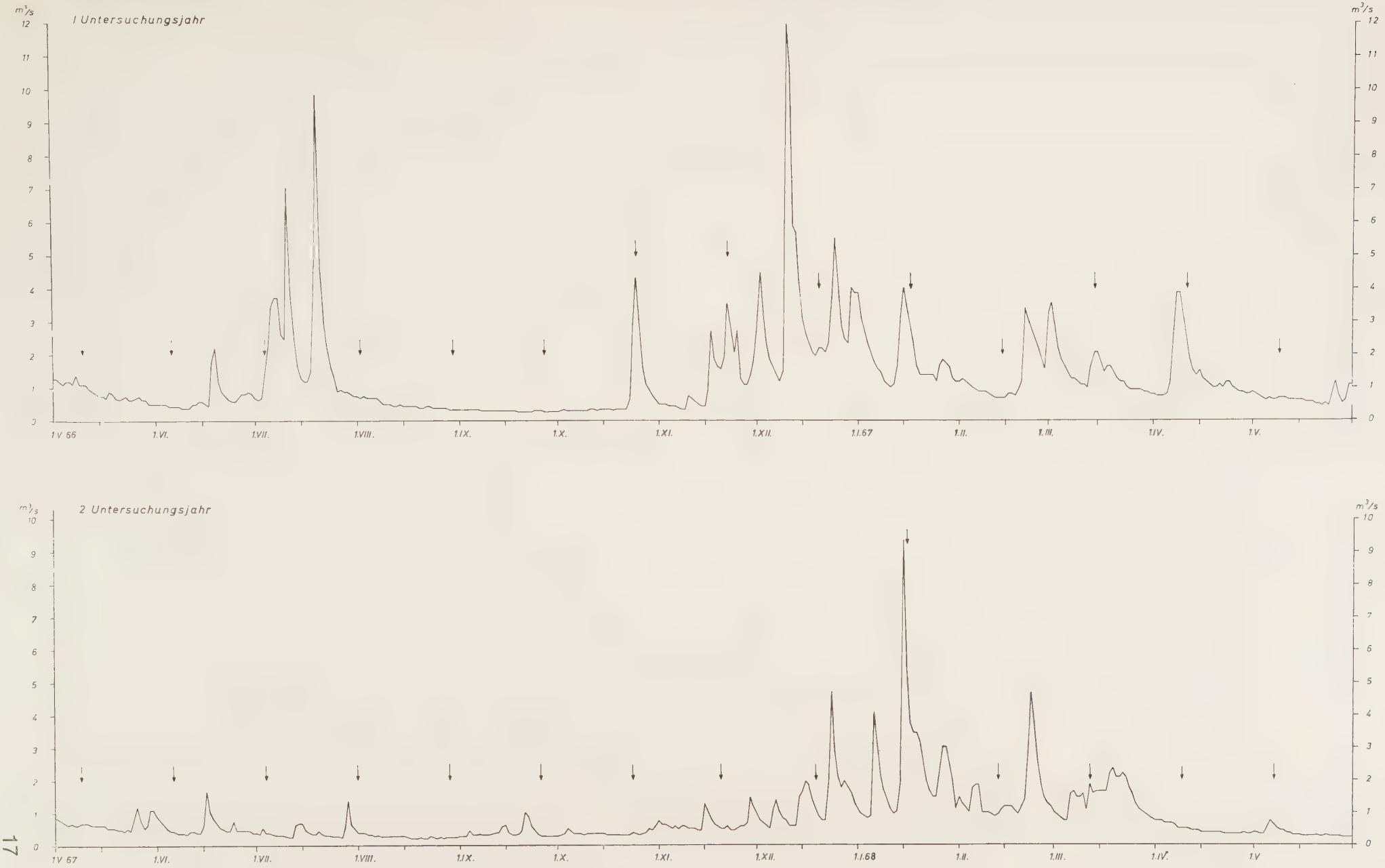


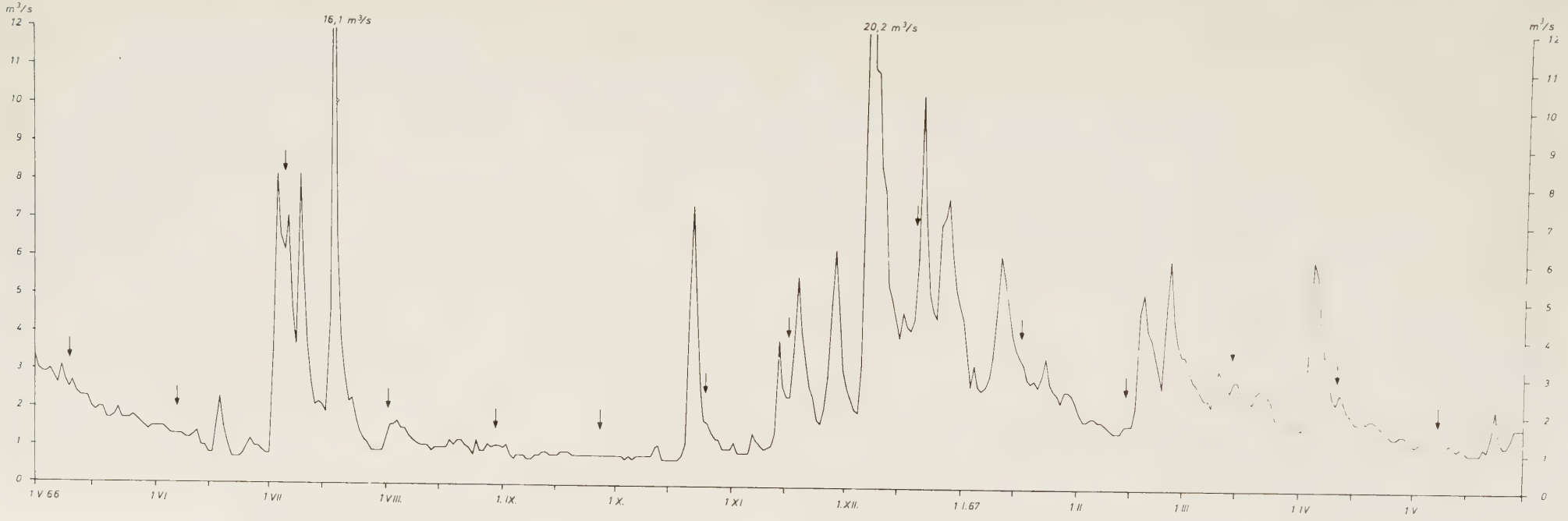
Abb. 6 Pegel Arloff Tagesmittel der Abflüsse (m³/s)



Tagesmittel der Abflüsse (m^3/s)

Abb. 7 Pegel Kühlseggen

1. Untersuchungsjahr



2. Untersuchungsjahr

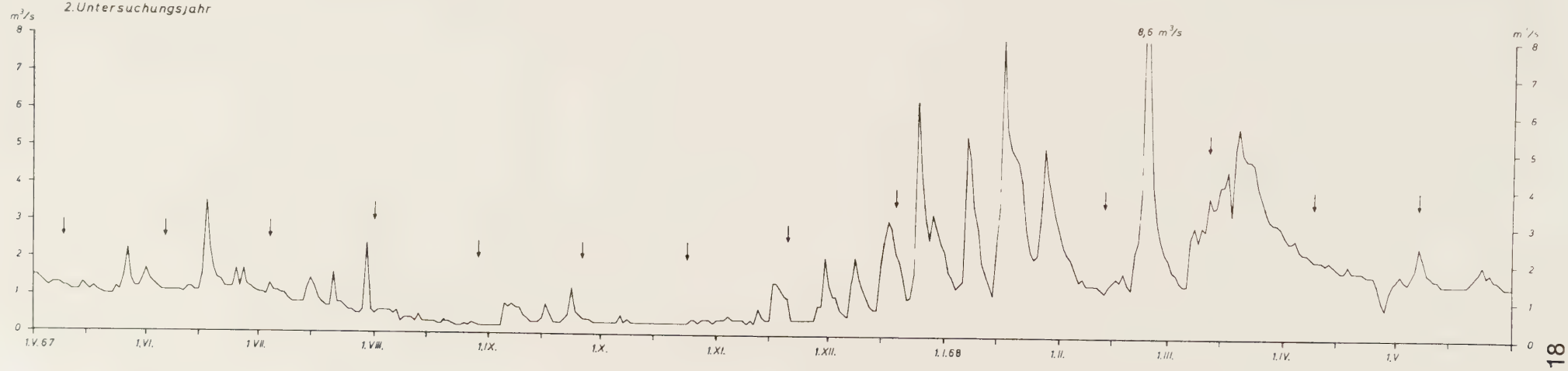
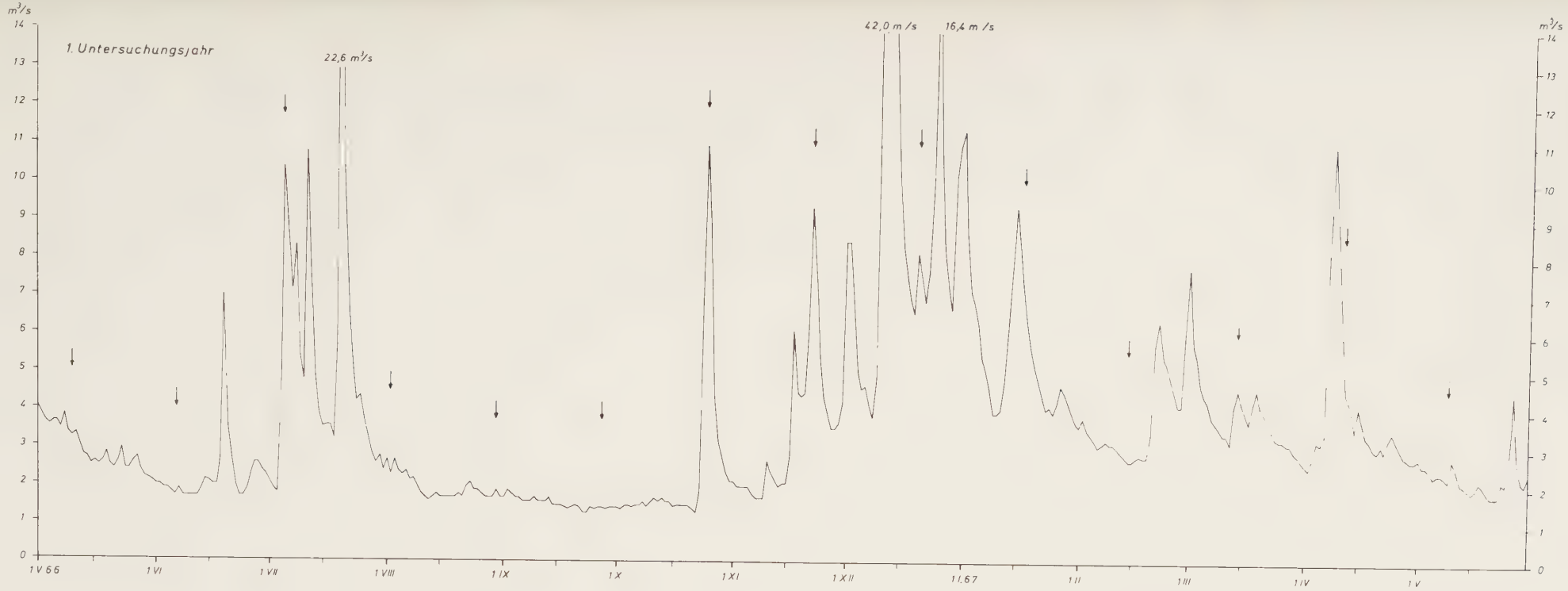
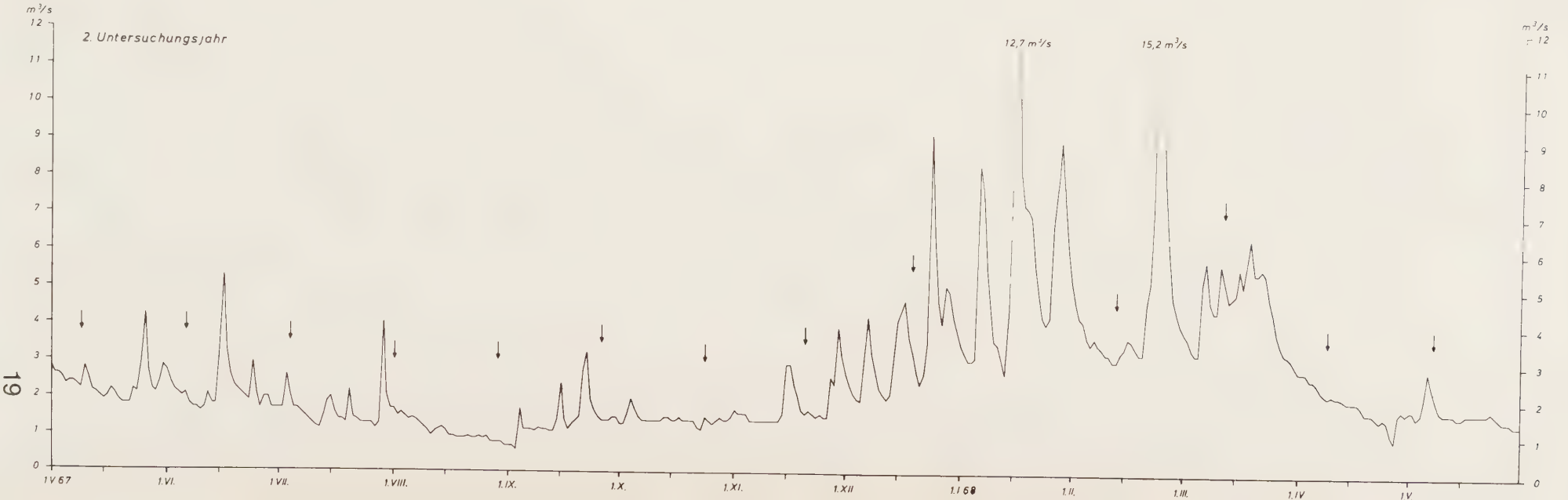
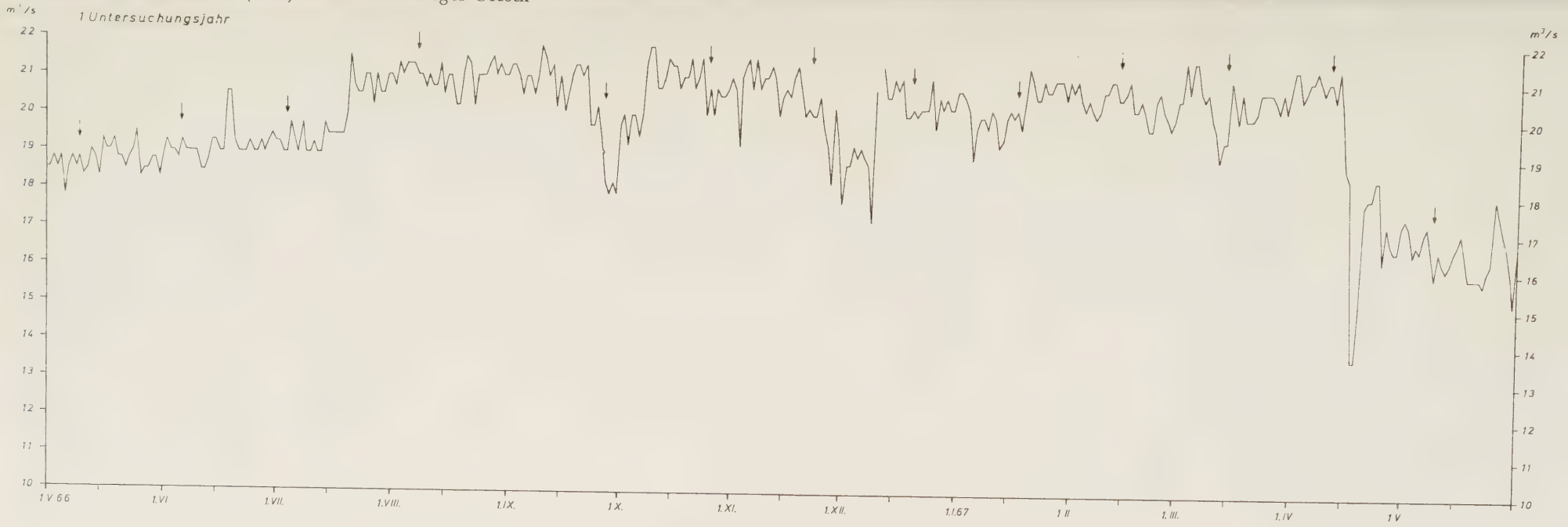


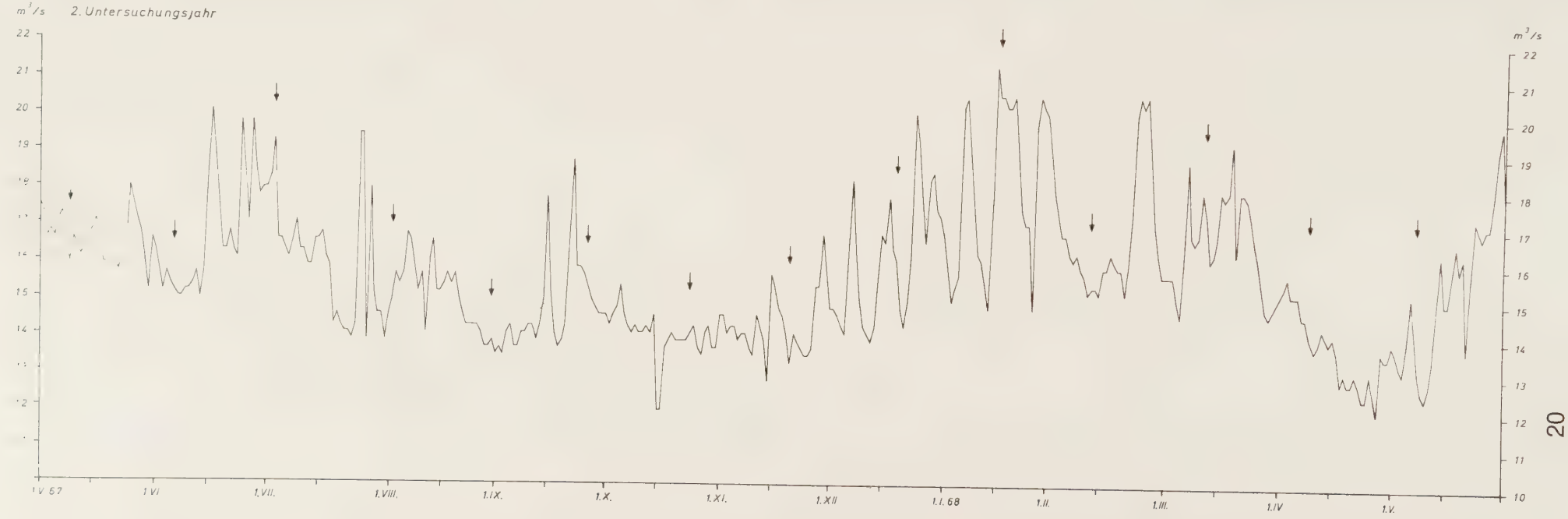
Abb. 8 Pegel Bliesheim Tagesmittel der Abflüsse (m³/s)

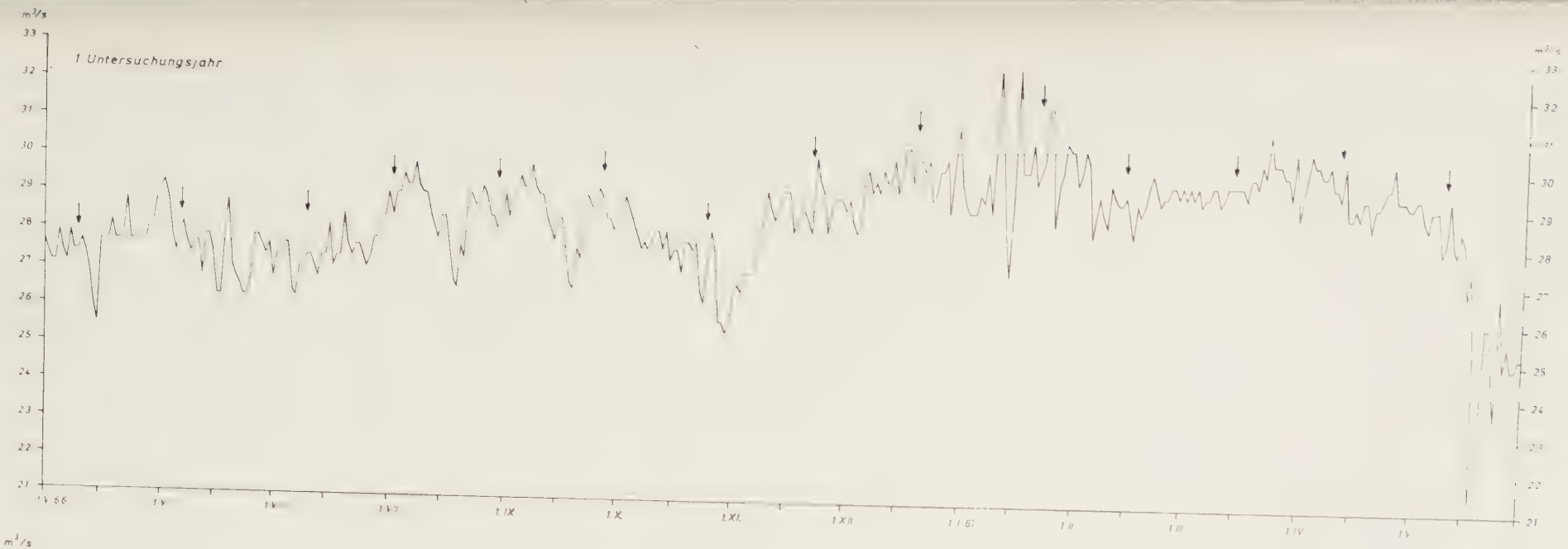




Tagesmittel der Abflüsse (m^3/s) Abb. 9 Pegel Glesch






m³/s
1. Untersuchungsjahr
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
I.V 66
I.V
I.VII
I.IX
I.X.
I.XI.
I.XII
I.I 67
I.II
I.III
I.IV
I.V

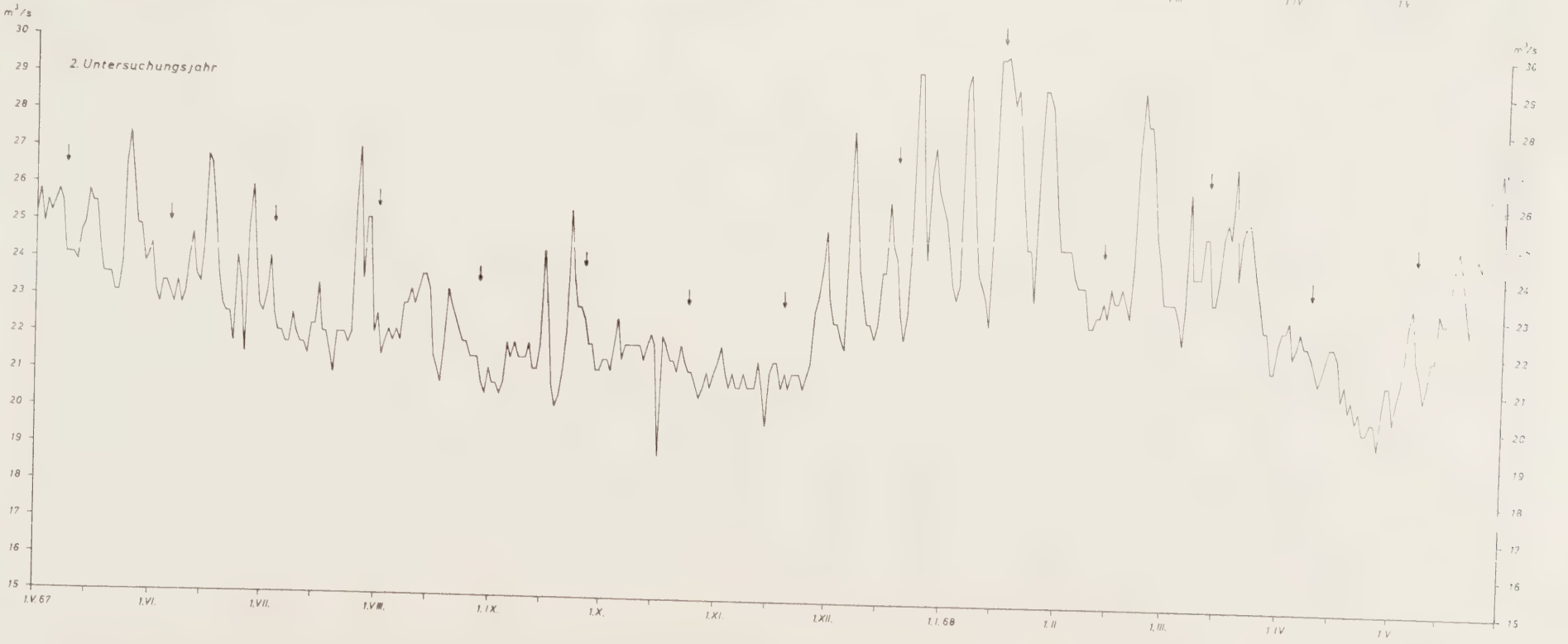

m³/s
2. Untersuchungsjahr
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
I.V. 67
I.VI.
I.VII.
I.VIII.
I.IX.
I.X.
I.XI.
I.XII.
I.I. 68
I.II
I.III.
I.IV
I.V

Abb. 11 Strömungsgeschwindigkeiten (m/s)

	Abfluß m^3/s Pegel			Probenstellen															
	Arloff	Bliesheim	Glesch	1	2A	2	3	4	5	6A	6	7	8	9A	9	10	11	12	13	14
18.X. 1966	0,3	1,5	21	0,31	-	-	0,43	0,13	0,27	-	0,4	0,45	0,18	-	0,75	0,5	0,16	0,19	0,21	0,72
14.XI.	0,4	2,1	20	0,4	-	0,13	0,5	0,29	0,68	-	0,63	0,68	0,27	-	0,52	0,53	0,16	0,18	0,2	0,64
12.XII.	5,9	18,7	21	1,21	-	0,79	1,12	0,95	1,45	-	1,01	1,13	1,12	-	0,61	0,38	0,22	0,13	0,13	0,49
9.II. 1967	0,9	3,2	21	0,7	1,56	0,35	0,57	0,32	0,68	0,86	0,86	0,64	0,39	-	0,61	0,67	0,18	0,25	0,22	0,68
7.III.	1,3	3,9	21	0,83	0,79	0,56	0,55	0,43	1,06	0,7	0,9	0,69	0,37	-	0,68	0,6	0,25	0,25	0,17	0,5
4.IV.	0,8	3,3	21	0,77	0,88	0,32	0,4	0,27	0,39	-	0,86	0,67	0,21	-	0,56	0,41	0,2	0,26	0,15	0,74
5.V.	0,6	2,3	17	0,54	0,96	0,18	0,23	0,23	0,46	0,45	0,59	0,47	0,28	-	0,42	0,24	0,19	0,14	0,24	0,57
30.V.	1,1	2,4	15	0,33	1,0	0,61	1,41	0,98	1,16	0,69	0,65	0,46	0,18	0,21	0,2	0,24	0,11	0,08	-	-
27.VI.	0,4	2,0	20	0,35	0,38	0,08	0,2	0,2	0,51	0,64	0,51	0,37	0,11	0,37	0,17	0,18	0,14	0,12	0,21	0,2
25.VII.	0,3	1,3	14	0,25	0,36	0,02	0,31	0,12	0,41	0,41	0,3	0,3	0,09	0,1	0,1	0	0	0	0,11	0,26
22.VIII.	0,2	0,9	15	0,28	0,26	0	0,14	0,11	0,47	0,31	0,21	0,13	0	0,13	0	0,13	0	0	0	0,13
19.IX.	0,3	1,4	14	0,24	0,16	+	0,23	0,11	0,45	0,41	0,31	0,75	0,13	0,33	0,29	0,24	0	0	0	0
17.X.	0,3	1,5	14	0,34	0,07	+	0,14	0,09	0,56	0,35	0,33	0,3	0,12	0,21	0,32	0,24	0,12	0,1	0,21	0,36
14.XI.	0,4	3,0	13	-	-	+	0,25	0,14	0,35	0,51	0,52	0,31	0,17	0,38	0,32	0,24	0,12	0	0,08	0,29
14.XII.	1,5	4,4	16	0,44	0,42	0,42	0,28	0,29	0,46	0,81	0,36	0,44	0,13	0,41	0,39	0,3	0,18	0,1	0,08	0,44
9.I. 1968	1,7	4,6	18	0,55	0,59	0,74	0,66	0,6	1,06	0,71	0,82	0,46	0,39	0,74	0,51	0,36	0,15	0,15	0,12	0,45
6.II.	1,9	3,7	16	0,53	0,56	0,47	0,46	0,24	0,4	0,77	0,81	0,34	0,32	0,61	0,52	0,34	0,23	0,14	0,06	0,34
5.III.	0,8	3,3	15	0,51	0,61	0,79	0,36	0,14	0,26	0,73	0,6	0,37	0,14	0,58	0,43	0,32	0,19	0,14	0,19	0,42
2.IV.	0,8	2,8	15	0,47	0,88	0,85	0,48	0,31	0,38	0,94	0,86	0,39	0,21	0,58	0,48	0,35	0,17	0,13	0,18	0,69
30.IV.	0,3	1,7	14	0,41	0,34	0,34	0,23	0,1	0,42	0,51	0,68	0,29	0,24	0,32	0,16	0,24	0,19	0,12	0,28	0,16

— keine Messungen O schwache, turbulente Strömung + Bachbett trocken

2.6 Makrophytenflora und -vegetation

Auch die Makrophytenflora und -vegetation ist ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems und ist wichtig zur Charakterisierung eines Gewässers. Deshalb ist für jede Probestelle die Makrophytenvegetation angegeben (Nomenklatur der Phanerogamen nach EHRENDORFER 1967). Beobachtungen über den Einfluß der anomalen Wassertemperaturen im Unterlauf sind in einem eigenen Kapitel gesondert dargestellt (vgl. Seiten 113 bis 114).

Wassermoose sind mit nur wenigen Arten in geringer Menge vorhanden. Ihre Vorkommen sind nachstehend aufgeführt.

Wassermoose der Erft

Hepaticae
Riccardia pinguis
(L.) S. F. GRAY Probenstelle 1

Musci
Cratoneuron filicinum
(HEDW.) SPRUCE Probenstelle 1

Mnium undulatum HEDW. Probenstelle 2

Platyhypnidium riparioides
(HEDW. DIX Probenstellen 2A—4

Leptodictyum riparium
(HEDW.) WARNST. Probenstellen 5, 8—9, 12—14

2.7 Beschreibung der Probenstellen

Auf die 105 Flußkilometer waren 1966/67 zunächst 14, 1967/68 zusätzlich drei weitere Probenstellen verteilt, letztere mit A bezeichnet. Die Auswahl erfolgte so, daß alle wesentlichen Streckenabschnitte repräsentiert wurden. Die genaue Lage der Probenstellen ist in Abb. 12, S. 24, dargestellt.

Probenstelle 1 — Kuhbach oberhalb Frohngau (Tafel 2)

Lage: 495 m + NN, mäßig bis stark geneigter Hang mit Acker- und Grünland. Das Wasser sammelt sich in dem mit Steinstickung ausgebauten, begradigten Bachbett meist aus Dränagerohren der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Rund einen km beträgt die Entfernung zum ersten, oberflächlich fließenden Wasser.

Größe: 40 - 60 cm breit, Wassertiefe 5 - 10 cm bei Niedrigwasser.

Bachauskleidung: Kalkstein

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,4 - 1,21 m/s

Makrophytenvegetation: Der flache Bach wird am Rande von einer Feuchtwiese umgeben. Submerse Vegetation besteht nur aus Algen und Moosen.

Bemerkungen: Obgleich die Probenstelle oberhalb der ersten Ortschaft liegt, ist sie nicht frei von zivilisationsbedingten Einflüssen, wie die infolge von Düngergaben sprunghaft wechselnden PO_4-Werte und das Vorkommen von Colibakterien im Sommer (Beweidung des Einzugsgebietes) zeigen.

Probenstelle 2 A — Borbach vor Mündung in den Kuhbach (Tafel 2)

Lage: 430 m +NN am Ende eines mäßig geneigten Tales. Das Einzugsgebiet umfaßt neben landwirtschaftlichen Nutzflächen viel Wald. Nachteilig bemerkbar macht sich ein Kalksteinbruch, weil häufiger große Mengen Kalkstaub das Wasser trüben. Außerdem gelangt offenbar auch etwas Ortsabwasser in den Bach.

Größe: 50 - 80 cm breit, Wassertiefe etwa 10 cm.

Bachauskleidung: Kalkstein, z. T. Ton.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,07 - 1,56 m/s

Makrophytenvegetation: Unmittelbar am Bach stehen verschiedene halbhohe Bäume, die das Wasser beschatten. Wasservegetation ist nur durch spärlichen Bewuchs mit *Typhoides arundinacea* (L.) MOENCH und *Glyceria fluitans* (L.) R. *BR.* vertreten.

Probenstelle 2 — Kuhbach oberhalb der Erftquelle (Tafel 2)

Lage: 420 m +NN, etwa 200 m unterhalb der Borbachmündung in einem schmalen Tal, beschattet von Erlen.

Größe: 80 - 120 cm breit, Wassertiefe 20 - 30 cm, bei extremem Niedrigwasser trockenfallend.

Bachbett: Kalkschotter und Lehm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,0 - 0,85 m/s, im Mittel 0,42 m/s

Makrophytenvegetation: Größerer *Petasites hybridus*-Bestand oberhalb der Niedrigwasserlinie.

Probenstelle 3 — Erft an der Kreisgrenze Schleiden — Euskirchen (Tafel 2)

Lage: 365 m +NN in einem schmalen Tal von Erlen beschatteter, mäandrierender Bach, 4 km unterhalb der vorherigen Probenstelle unmittelbar unterhalb der Einmündung des Ohbaches.

Größe: 2 m breit, Wassertiefe 20 - 30 cm.

Bachauskleidung: Kalkstein-Gerölle bis mehr als Faustgröße.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,14 - 1,41 m/s

Makrophytenvegetation: Am Ufer Fragmente eines Phalaridetums, wenig *Typhoides arundinacea* (L.) MOENCH sowie sehr vereinzelt *Scrophularia umbrosa* DUM. (= *S. alata* GILLIB.) und *Myosotis palustris* agg.

Probenstelle 4 — zwischen Schönau und Eicherscheid (Tafel 2)

Lage: 230 m +NN in einem mäßig breiten, mäßig geneigten Wiesental ½ bis 1 m eingetieft und auf weite Strecken von Erlen beschattet.

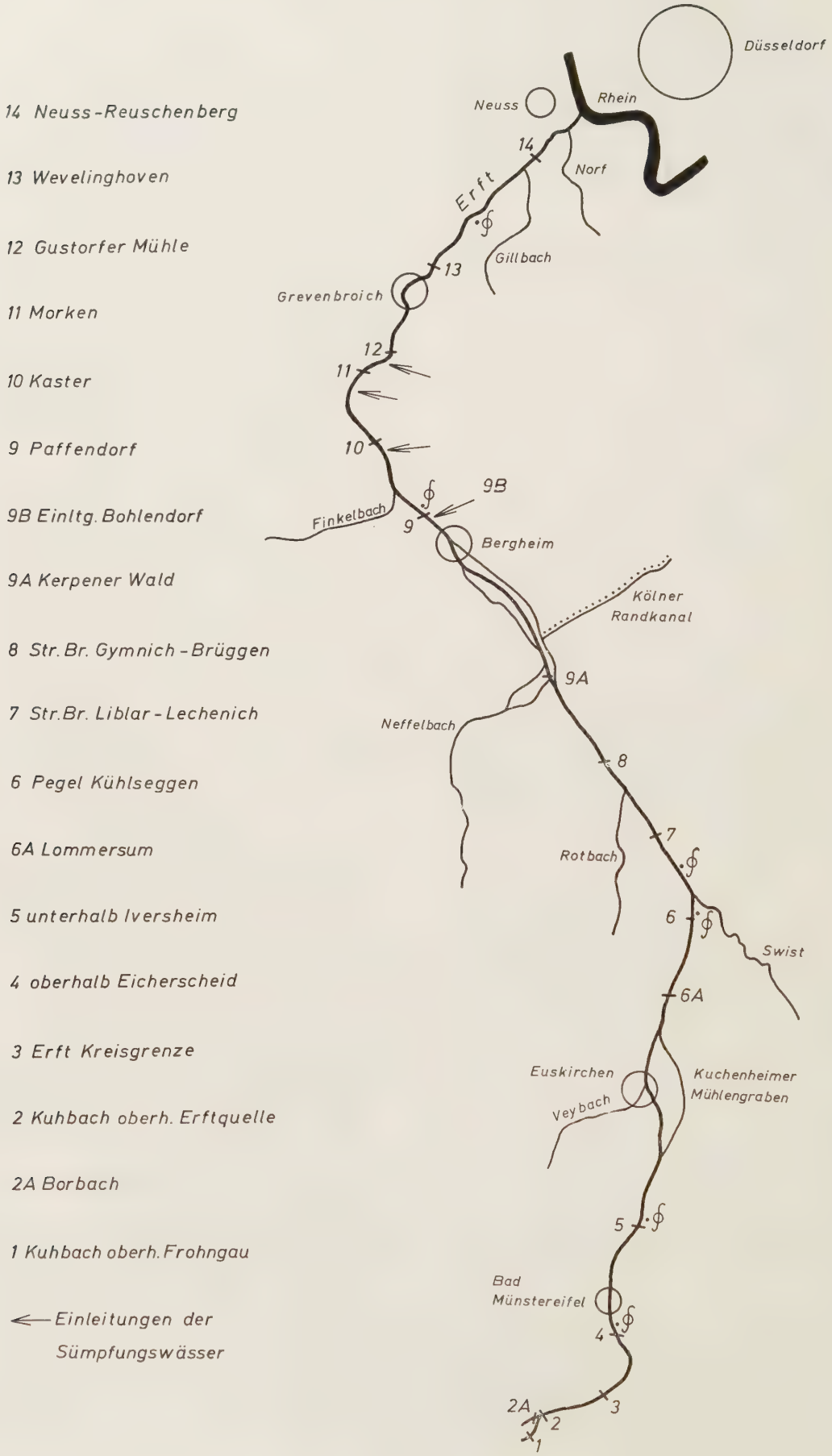
Größe: 2 m breiter, 20 - 40 cm tiefer Bach.

Bachauskleidung: Steine, an tieferen Stellen Lehm

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,09 - 0,98 m/s

Makrophytenvegetation: *Petasites hybridus*-Flur im Mittelwasserbereich, an höheren Stellen *Ty-*

Abb. 12 Lage der Probenstellen (1-14) und der Schreibpegel (⨀)



phoides arundinacea (L.) MOENCH, z. T. mit viel *Urtica dioica* L.

Probenstelle 5 – unterhalb Iversheim (Tafel 2)

Lage: 230 m +NN befindet sich die Probenstelle 5 unterhalb der Orte Bad Münstereifel und Iversheim. Hier ist die Erft durch häusliche und gewerbliche Abwässer stark belastet.

Größe: 4 - 4,5 m breiter, 20 cm tiefer Bach.

Bachauskleidung: Steine, Schotter bis Faustgröße, am Ufer etwas Schlamm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,27 - 1,45 m/s

Makrophytenvegetation: An eine *Petasites*-Flur im Mittel- und Hochwasserbereich schließt sich zum Lande hin ein 1 bis 2 m breiter Rohrglanzgrasbestand (Phalaridetum) an.

Bemerkungen: Die Probenstelle liegt 2 km oberhalb des Pegels Arloff. Das Wasser ist in der Regel leicht bis mäßig getrübt.

Probenstelle 6A — Straßenbrücke Lommersum (Tafel 3)

Lage: Im Flachland 130 m +NN liegt diese Probenstelle 8 km unterhalb der Stadt Euskirchen und auch unterhalb der Mündung des sehr verschmutzten Kuchenheimer Mühlengrabens.

Größe: 5 m breit bei 30 - 40 cm Wassertiefe.

Uferauskleidung: Steinwurf aus Grauwacke, dazwischen Faulschlamm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,31 - 0,94 m/s

Makrophytenvegetation: Die Ufer sind gegen Abbrüche bei Hochwasser durch Rasenansaat geschützt. Die Makrophytenvegetation in der Erft selbst besteht nur aus sehr vereinzelten Pflanzen von *Typhoides arundinacea* (L.) MOENCH, *Rumex obtusifolius* L. und *Agrostis stolonifera* L.

Bemerkungen: An dieser Probenstelle ist die Erft sehr stark verschmutzt und deshalb auch in der Regel sehr trüb. Die Probenstellen 6A bis 8 unterscheiden sich bei äußerlicher Betrachtung kaum voneinander (vgl. Tafel 3).

Probenstelle 6 — Pegel Kühlseggen (Tafel 3)

Lage: 7 km unterhalb der Probenstelle 6A — etwa 1 km oberhalb der Swistmündung — befindet sich die Probenstelle 6 in der Nähe des Pegels Kühlseggen I.

Größe: 5 m breit bei 40 - 50 cm Wassertiefe.

Uferauskleidung: Steinwurf aus Grauwacke, dazwischen Faulschlamm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,21 - 1,01 m/s

Makrophytenvegetation: Zwischen dem Wasser und der Rasenböschung siedeln nur einzelne Pflanzen von *Typhoides arundinacea* (L.) MOENCH, *Rorippa amphibia* (L.) BESS. und *Rumex obtusifolius* L.

Probenstelle 7 — Straßenbrücke Liblar-Lechenich (Tafel 3)

Lage: 4 km unterhalb der Swistmündung in 98 m +NN.

Größe: 7 m breit, 50 cm tief.

Uferauskleidung: Steinwurf und Faulschlamm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,13 - 1,3 m/s

Makrophytenvegetation: Vereinzelte Pflanzen von *Typhoides arundinacea* (L.) MOENCH, *Rorippa amphibia* (L.) BESS., *Rumex obtusifolius* L. und *Agrostis stolonifera* L.

Probenstelle 8 — Straßenbrücke Gymnich-Brüggen (Tafel 3)

Lage: 5 km unterhalb der vorhergehenden Probenstelle und unterhalb der Mündung des Rotbaches sowie einer zeitweiligen Einleitung von kaltem Grundwasser in 90 m +NN.

Größe: 10 m breit, 50 - 60 cm tief.

Uferauskleidung: Steinwurf, dazwischen viel Faulschlamm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,0 - 1,12 m/s

Makrophytenvegetation: Vereinzelte Pflanzen von *Typhoides arundinacea* (L.) MOENCH, *Rorippa amphibia* (L.) BESS. und *Rumex obtusifolius* L. an der Niedrigwasserlinie.

Bemerkungen: Die Probenstelle liegt im obersten Staubereich eines Wehres. Deshalb ist die Strömungsgeschwindigkeit meist nicht hoch.

Probenstelle 9A — Kerpener Wald (Tafel 3)

Lage: 75 m +NN, unterhalb der Neffelbachmündung, z. T. durch den nahegelegenen Auwald beschattet.

Größe: 13 m breit, 60 - 80 cm tief.

Uferauskleidung: Steinwurf, z. T. durch Rundholz gesicherter Lehm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,10 - 0,74 m/s

Makrophytenvegetation: Im Wasser einzelne Pflanzen von *Potamogeton natans* L. Ufervegetation ist nicht vorhanden. Das Ufer fällt senkrecht bis auf etwa 50 cm Wassertiefe ab. Oberhalb befindet sich die Bodenvegetation des angrenzenden Waldes.

Bemerkungen: Diese Probenstelle ist die letzte in der normal temperierten Erft.

Probenstelle 9 — Paffendorf (Tafel 3)

Lage: 60 m +NN nahe der Stadt Bergheim, 0,5 km unterhalb der Einleitung Bohlendorf.

Größe: 15 m breit und etwa 1,10 m tief.

Uferauskleidung: Steinwurf.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0 - 0,75 m/s

Die im Sommer sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten, gemessen vor den Bewuchsträgern, sind durch die intensive Entwicklung der flutenden Makrophyten bedingt.

Makrophytenvegetation: Das Ufer wird gesäumt von einem fast geschlossenen, bis 1 m breiten Bestand überwiegend flutender Pflanzen von *Sparganium emersum* REHM. Lediglich unmittelbar am Ufer, wo kaum Strömung herrscht, wachsen auch aufrechte Pflanzen, die sehr reichlich blühen. Vereinzelt kommt noch *Myosotis palustris* agg. vor.

Bemerkungen: Die Probenstelle befindet sich 1 km oberhalb des Pegels Glesch.

Probenstelle 10 — Kaster (Tafel 4)

Lage: 57 m +NN, 7 km unterhalb der Probenstelle Paffendorf (9) liegt die Probenstelle Kaster (10). Zwischen beiden nimmt die Erft mehrere kleine Sümpfungswassereinleitungen auf, dazu die Abwässer von Bedburg und die der dort ansässigen Industrie.

Größe: Breite 15 m, Tiefe 1,30 m.

Uferauskleidung: Steinwurf, dazwischen Lehm und Schlamm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0 - 0,67 m/s
Die starke Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit im Sommer ist durch den Makrophytenbewuchs bedingt.

Makrophytenvegetation: Die Ufer werden von einem nahezu geschlossenen, bis 1½ m breiten Streifen flutender Pflanzen gesäumt. In 50 bis 100 cm Wassertiefe wächst *Potamogeton natans* L., mit dem *Ranunculus fluitans* LAMK. vergesellschaftet ist. Weiter außen in Wassertiefen von 50 bis 10 cm dominiert *Sparganium emersum* REHM. Vereinzelt treten noch auf: *Potamogeton crispus* L., *Myosotis palustris* agg., *Lemna minor* L. und *Lemna gibba* L.

Probenstelle 11 — Morken (Tafel 4)

Lage: 56 m +NN. Die Erft fließt hier in einem stark eingetieften, kanalisierten Bett. Da die Probenstelle 6 km unterhalb der vorhergehenden gelegen ist, hat die Erft bis hierher weitere Sümpfungswässer aufgenommen. Dazu kommt nur wenig Abwasser.

Größe: Breite 17 m, Tiefe 1,30 m.

Uferauskleidung: Steinwurf, dazwischen Schlamm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0 - 0,26 m/s
Die Strömungsgeschwindigkeiten sind am Ufer wegen des dichten Wasserpflanzengürtels gering.

Makrophytenvegetation: Die Wasservegetation ist in die folgenden Zonen gegliedert:

1. innere, *Ranunculus fluitans*-Zone, Wassertiefe etwa 100 cm,
2. mittlere, *Potamogeton natans*-Zone, Wassertiefe 80 - 100 cm,
3. äußere, *Sparganium*-Zone, Wassertiefe 60 - 80 cm,
4. semiaquatische, *Glyceria maxima*-Zone, Wassertiefe 0 - 20 cm.
5. Kleinflächige Wasserlinsendecken in Stillwasserräumen, vor allem der *Sparganium*-Zone.

Zur besseren Charakterisierung der Bestände werden Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) aufgeführt. Die Zahlen hinter den Pflanzennamen geben die Artmächtigkeit an. Es bedeuten:

r = selten
\+ = spärlich, mit sehr geringem Deckungswert
1 = 1— 10% der Aufnahmefläche deckend
2 = 10— 25% der Aufnahmefläche deckend
3 = 25— 50% der Aufnahmefläche deckend
4 = 50— 75% der Aufnahmefläche deckend
5 = 75—100% der Aufnahmefläche deckend

1. Ranunculetum fluitantis, Fazies von *Ranunculus fluitans* — 2 m² — Deckung 70%

Ranunculus fluitans LAM.	3
Potamogeton natans L.	2
Potamogeton pectinatus L.	1
(*Compsopogon hookeri* MONTAGNE, epiphytisch)	3

2. Ranunculetum fluitantis, Fazies von *Potamogeton natans* — 2 m² — Deckung 100%

Potamogeton natans L.	5
Ranunculus fluitans LAM.	2
Sparganium emersum REHM.	2
Potamogeton crispus L.	1
(*Compsopogon hookeri* MONTAGNE, epiphytisch)	2

3. Ranunculetum fluitantis, Fazies von *Sparganium emersum* — 2 m² — Deckung 100%

Sparganium emersum REHM. forma *natans*	4
Potamogeton natans L.	3
Potamogeton crispus L.	2
Glyceria fluitans (L.) R.BR.	2
Ranunculus fluitans LAM.	2
Lemna minor L.	3
Lemna gibba L.	1
Spirodela polyrhiza (L.) SCHLEIDEN	1

4. Glycerietum maximae — 2 m² — 100% Deckung

Glyceria maxima (WARTM.) HOLMBERG	4
Berula erecta (HUDS.) COVILLE	4
Myosotis palustris agg.	2
Sparganium erectum L.	1
Iris pseudacorus L.	1
Alopecurus geniculatus L.	2
Polygonum hydropiper L.	2
Epilobium parviflorum SCHREB.	1
Epilobium palustre L.	1
Glyceria fluitans (L.) R.BR.	1
Lemna minor L.	2
Lemna gibba L.	2

5. Spirodelo-Lemnetum — ½ m² — 100% Deckung

Lemna minor L.	5
Lemna gibba L.	3
Lemna trisulca L.	2
Spirodela polyrhiza (L.) SCHLEIDEN	2

Probenstelle 12 — Gustorfer Mühle (Tafel 4)

Lage: Oberhalb der Probenstelle 12 liegt die Einleitung der Kühlwässer des Kraftwerkes Frimmersdorf. Die Kühlwässer, etwa 1 m³/s, gelangen mit 20 - 22°C in die Erft. Ein Einfluß auf das ohnehin anomal warme Gewässer ließ sich nicht nachweisen.

Größe: Die Erft ist hier 17 m breit und bis 2,10 m tief.
Uferauskleidung: Steinwurf, z. T. senkr. Lehmwände.
Strömungsgeschwindigkeiten: 0,0 - 0,6 m/s

Makrophytenvegetation:

1. Ranunculetum fluitantis, *Potamogeton*-Fazies mit *Ranunculus fluitans* LAM. und *Potamogeton natans* L.
2. Ranunculetum fluitantis, *Sparganium-Fazies*. Dominierend *Sp. emersum* f. *natans*, vereinzelt *Berula erecta* (HUDS.) COVILLE, Potamogeton crispus L., *Rorippa amphibia* (L.) BESS. *Glyceria maxima* (HARTM.) HOLMB. *Sparganium erectum* L., *Myosotis palustris agg.*, *Solanum dulcamara* L. und *Lemna*-Arten.

Probenstelle 13 — Wevelinghoven, obere Mühle (Tafel 4)

Lage: 48 m +NN, 8 km unterhalb der vorgehenden liegt die Probenstelle 13 am Anfang des Abschlages der Mühle Kottmann in Wevelinghoven. Vor allem von der überlasteten Kläranlage Grevenbroich erhält die Erft auf dem vorliegenden Abschnitt Abwasserzulauf.

Größe: 15 m breit und bis 2,40 m tief.

Uferauskleidung: Steinwurf, z. T. Lehm.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,0 - 0,28 m/s

Makrophytenvegetation: An der Probenstelle im Mühlengraben ist die Vegetation verhältnismäßig schwach entwickelt, deckt etwa 20 - 30% des Ufersaumes und besteht aus *Sparganium emersum* REHM., dem *Potamogeton natans* L. und *Ranunculus fluitans* LAM. beigemischt sind. In einem Totwasserraum siedelt ein großer Bestand von *Nuphar luteum* (L.) SIBTH. et. SM. Die Vegetation im Hauptstrom entspricht der Probenstelle 14 (s. unten).

Bemerkungen: Die Probenstelle liegt im Mühlengraben, der zwar viel Wasser führt, aber relativ langsam strömt. Eine ursprünglich vorgesehene Vergleichsprobenstelle im Hauptstrom mit stärkerer Strömung mußte aufgegeben werden, weil die Aufwuchsträger immer wieder zerstört wurden und später ein Ausbau des Ufers erfolgte.

Probenstelle 14 — Neuss-Reuschenberg (Tafel 4)

Lage: 38 m +NN. Diese Probenstelle liegt im letzten Abschnitt der Erft mit stärkerem Gefälle, knapp 5 km vor der Mündung. Wenig oberhalb der Probenstelle mündet der Gillbach auf der gegenüberliegenden Uferseite.

Größe: Breite 17 m, Tiefe 1,70 m. Die Erft ist hier ein schnell fließender Fluß.

Uferauskleidung: Steinwurf.

Strömungsgeschwindigkeiten: 0,0 - 0,72 m/s

Makrophytenvegetation: Abgesehen von einem 0,5 m breiten Streifen etwas unterhalb der Wasserlinie fällt das Ufer ebenso steil ins Wasser ab, wie es oberhalb steil ansteigt. Zudem ist die Strömungsgeschwindigkeit der Erft an der Probenstelle ziemlich hoch und erreicht 2 m vom Ufer entfernt 1 m/s. Entsprechend schmal ist der Streifen der Wasservegetation. Die Wasser- bzw. Ufervegetation ist durch zwei Gesellschaften vertreten und zwar:

1. Ranunculetum fluitantis
   Wassertiefe 50 - 80 cm — 2 m² — Deckung 80%.

Ranunculus fluitans LAM.	3
Potamogeton pectinatus L.	3
Potamogeton natans L.	1
Sparganium emersum REHM. f. *natans*	2
Potamogeton crispus L.	1

2. Phalaridetum arundinaceae
   Wassertiefe 0-30 cm, — 10 m² — Deckung 100%.

Typhoides arundinacea (L.) MOENCH	2
Rorippa amphibia (L.) BESS.	3
Nasturtium officinale agg.	4
Sparganium emersum REHM.	1
Sparganium erectum L.	1
Iris pseudacorus L.	1
Schoenoplectus lacustris (L.) PALLA	1
Stachys palustris L.	1
Alopecurus geniculatus L.	2
Calystegia sepium (L.) R.BR.	1
Myosotis palustris agg.	2
Epilobium roseum SCHREB.	1
Epilobium palustre L.	1
Lemna minor L.	2
Lemna trisulca L.	1
Spirodela polyrhiza (L.) SCHLEIDEN	1

2.8 Chemische und physikalische Untersuchungen

2.8.1. *Vorbemerkungen*

Die chemischen und physikalischen Bestimmungen erfolgten während der gesamten Untersuchungszeit in Abständen von zwei Wochen. Für die Berechnung der Maxima, Minima und Mittelwerte wurden alle Messungen herangezogen. Wegen der Vielzahl von Daten sind in den graphischen Darstellungen nur die 4-Wochen-Intervalle angegeben und damit immer noch 27 Einzelmessungen für jeden Parameter pro Probenstelle. Die Verdoppelung der Werte hätte die Lesbarkeit der Graphiken erschwert, ohne wesentliche zusätzliche Informationen zu bringen. Alle Daten liegen in der Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz NW und stehen Interessenten jederzeit zur Verfügung. Die folgende Aufstellung zeigt, nach welchen Methoden die Bestimmungen vorgenommen worden sind.

Gesamthärte: Komplexometrisch mit Titriplex A (Merck: Die Untersuchung vom Wasser)
Karbonathärte: Titrimetrisch mit n/10 HCl (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung)
Alkalischer Ionenwert: Indirekte Bestimmung aus Gesamtmineralsäurewert (Ionenaustauscher) plus Säureverbrauch minus Gesamthärte
Calcium: Titration mit Titriplex III (Merck: Die Untersuchung vom Wasser)
Magnesium: Indirekte Bestimmung aus Gesamthärte minus Calcium
Hydrogenkarbonat: Indirekte Bestimmung aus dem Säureverbrauch
Eisen: Photometrisch im ELKO II als Fe III (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung)
Mangan: Photometrisch im ELKO II (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung)
Ammoniak: Photometrisch im Elko II mit Neßlers Reagenz (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung)

Abb. 13a Chemische und physikalische Messungen

		Gl µS	pH	GH °dH	KH °dH	Ca mg/l	Mg mg/l	Alk.I.W. mval	Fe mg/l	Mn mg/l	HCO_3 mg/l	Cl mg/l	SO_4 mg/l	PO_4 mg/l	NO_3 mg/l	NH_4 mg/l	O_2 mg/l	$KMnO_4$ mg/l	BSB_5 mg/l	TW °C
Probenstelle Nr. 1																				
	Min.	310	7,4	10,9	7,0	50	16	0,0	0,03	0,01	152	11	13	0,0	9,5	0,08	7,2	1,3	1,2	4,7
66/67	Max.	518	8,45	19,0	15,7	80	39	0,2	4,29	0,48	342	25	39	3,35	16,6	0,22	12,5	41,1	10,6	13,1
	$\bar{x}$	467	7,95	17,0	13,8	70	31	0,05	0,36	0,09	298	16	27	0,32	12,4	0,17	10,7	8,4	4,8	8,8
	Min.	440	8,0	15,1	11,5	61	25	0,0	0,09	0,01	259	11	15	0,0	8,0	0,07	10,0	1,6	1,9	4,1
67/68	Max.	522	8,55	18,6	15,6	79	39	0,25	2,14	0,3	339	21	40	0,4	15,2	0,29	13,2	11,4	10,9	20,0
	$\bar{x}$	483	8,27	17,5	14,3	70	33	0,06	0,41	0,08	310	16	29	0,11	11,0	0,15	11,6	6,1	5,3	10,1
Probenstelle Nr. 2A																				
	Min.	400	7,75	13,6	10,2	71	13	0,0	0,01	0,02	223	14	30	0,0	9,9	0,06	9,4	1,3	1,4	6,4
67/68	Max.	527	8,25	19,2	15,0	106	29	0,8	1,75	0,3	326	21	53	0,27	19,8	1,32	12,7	11,4	6,8	12,2
	$\bar{x}$	495	7,93	17,1	13,2	91	19	0,15	0,19	0,07	289	18	38	0,08	13,7	0,2	11,1	4,6	3,4	8,9
Probenstelle Nr. 2																				
	Min.	345	7,55	11,5	7,4	57	14	0,0	0,04	0,0	162	14	23	0,0	9,9	0,07	9,5	1,9	1,1	4,6
66/67	Max.	513	8,5	18,3	14,6	96	23	0,4	2,09	0,43	317	21	52	2,02	18,0	0,43	13,0	29,1	19,6	11,8
	$\bar{x}$	466	8,16	16,5	12,9	85	20	0,11	0,21	0,09	280	18	35	0,31	12,9	0,15	11,5	8,7	4,1	8,1
	Min.	436	7,4	13,7	10,8	67	10	0,0	0,0	0,0	235	14	27	0,0	6,1	0,07	6,4	2,2	1,0	4,1
67/68	Max.	514	8,5	18,5	15,5	104	23	1,05	1,25	0,27	338	25	43	0,69	16,8	1,21	13,8	11,4	6,0	16,7
	$\bar{x}$	480	8,23	16,5	13,8	85	19	0,18	0,38	0,07	281	20	34	0,15	12,8	0,21	11,8	5,8	3,4	8,4
Probenstelle Nr. 3																				
	Min.	294	7,5	9,5	6,2	59	7	0,0	0,05	0,0	134	14	26	0,0	8,0	0,1	9,4	3,2	1,6	3,1
66/67	Max.	504	8,75	17,6	13,7	93	20	1,1	1,23	0,32	293	21	40	1,39	13,8	0,32	13,2	32,2	14,5	12,5
	$\bar{x}$	438	8,28	15,2	11,7	82	16	0,14	0,27	0,08	255	18	34	0,32	11,0	0,15	11,4	9,2	3,5	8,4
	Min.	356	8,1	11,5	8,3	72	6	0,0	0,06	0,02	180	18	25	0,0	8,5	0,09	10,0	3,8	1,9	3,0
67/68	Max.	501	8,75	17,2	13,9	95	29	0,45	1,48	0,15	302	32	37	0,57	17,6	0,31	13,4	11,4	7,5	14,1
	$\bar{x}$	461	8,37	15,9	12,3	88	16	0,15	0,4	0,07	267	22	32	0,26	11,2	0,2	11,5	6,7	4,2	8,8
Probenstelle Nr. 4																				
	Min.	246	7,6	6,4	3,2	30	9	0,0	0,03	0,0	76	14	27	0,1	8,3	0,1	9,2	5,7	1,9	0,9
66/67	Max.	489	8,75	16,1	12,5	87	20	0,75	4,08	1,4	271	21	43	1,59	12,6	0,8	13,9	33,5	16,3	14,5
	$\bar{x}$	346	8,27	11,4	8,1	60	13	0,2	0,7	0,15	177	18	34	0,52	10,4	0,2	11,9	11,2	5,0	8,3
	Min.	236	7,95	6,4	3,5	30	10	0,0	0,03	0,0	76	18	21	0,0	7,1	0,1	9,9	6,0	2,1	3,3
67/68	Max.	455	9,1	15,7	12,0	84	18	0,55	1,12	0,2	262	28	36	0,84	14,3	1,9	14,5	15,8	7,4	16,8
	$\bar{x}$	352	8,39	11,7	8,4	61	13	0,25	0,3	0,07	183	22	31	0,42	10,1	0,26	11,8	9,7	4,5	9,0
Probenstelle Nr. 5																				
	Min.	255	7,45	7,6	3,6	33	11	0,0	0,02	0,0	79	14	30	0,47	8,4	0,17	8,2	80,3	3,1	0,9
66/67	Max.	520	8,95	16,5	13,2	72	35	0,8	2,15	0,63	287	32	52	2,88	14,4	2,03	13,7	10,1	52,6	16,9
	$\bar{x}$	387	8,14	12,0	8,6	54	20	0,45	0 43	0,15	187	21	43	1,4	11,0	0,72	11,0	21,8	10,8	9,7
	Min.	259	7,5	6,7	3,5	30	13	0,05	0,04	0,0	76	21	14	0,58	6,8	0,32	6,2	13,9	2,2	0,8
67/68	Max.	541	8,95	16,7	12,6	80	44	1,05	2,4	0,41	275	71	55	7,03	12,4	3,05	14,1	35,7	35,4	22,3
	$\bar{x}$	413	8,27	12,3	9,0	56	20	0,85	0,46	0,12	195	32	38	2,06	10,2	1,33	10,8	19,3	10,0	10,9

Abb. 13b Chemische und physikalische Messungen

		Gl µS	pH	GH °dH	KH °dH	Ca mg/l	Mg	Alk.I.W. mval	Fe mg/l	Mn mg/l	HCO_3 mg/l	Cl mg/l	SO_4 mg/l	PO_4 mg/l	NO_3 mg/l	NH_4 mg/l	O_2 mg/l	$KMnO_4$ mg/l	BSB_5 mg/l	CSB mg/l
Probenstelle Nr. 6A																				
	Min.	369	7,5	10,9	5,5	46	19	0,8	0,09	0,64	119	38	64	1,35	2,9	1,18	9,2	30,8	11,1	1,8
67/68	Max.	817	8,45	23,8	13,6	100	46	3,45	4,92	2,88	296	106	161	17,2	15,1	14,22	12,8	113,0	32,1	11,1
	x̄	634	7,95	19,6	11,3	82	34	0,9	1,03	1,86	247	43	117	5,8	9,1	3,77	10,8	88,0	18,0	4,7
Probenstelle Nr. 6																				
	Min.	418	7,5	13,3	6,2	61	20	0,2	0,14	0,75	134	20	75	0,45	3,9	0,65	6,0	32,0	3,1	3,2
66/67	Max.	732	8,3	24,5	13,16	98	49	1,05	8,69	3,05	287	60	169	3,61	19,4	4,74	13,3	90,2	42,5	28,3
	x̄	586	8,0	18,8	10,4	81	32	0,5	1,03	1,73	226	35	112	1,78	11,7	2,22	10,0	64,9	18,2	10,8
	Min.	392	7,7	11,2	5,6	50	18	0,0	0,14	0,63	592	35	62	0,82	3,7	0,82	8,2	37,3	8,0	2,1
67/68	Max.	784	8,3	24,8	13,6	103	47	1,5	2,12	3,07	296	64	167	4,85	19,5	7,72	13,3	85,3	33,3	11,0
	x̄	638	8,0	20,0	11,1	85	34	0,7	0,82	2,0	242	41	121	3,0	9,5	2,72	9,0	58,8	16,6	5,0
Probenstelle Nr. 7																				
	Min.	446	7,25	12,5	5,6	58	11	0,2	0,12	0,7	122	23	69	0,47	9,0	0,9	5,0	33,3	1,0	1,0
66/67	Max.	747	8,45	25,0	13,3	101	53	1,45	2,92	2,9	290	71	169	4,08	16,7	5,6	13,3	99,0	38,1	28,6
	x̄	592	7,94	18,1	9,9	80	30	0,64	0,76	1,5	216	41	107	2,06	13,8	2,4	9,8	68,5	14,0	11,0
	Min.	436	7,75	11,5	4,9	56	13	0,5	0,1	0,6	107	30	67	0,85	4,3	0,8	8,3	33,0	5,3	2,0
67/68	Max.	760	8,45	24,8	14,1	100	41	2,5	2,5	2,7	308	60	162	7,92	15,8	7,0	13,3	66,3	27,0	11,3
	x̄	637	8,03	19,1	10,6	83	31	1,0	1,0	1,5	231	40	115	3,15	10,4	2,6	9,3	50,0	10,6	5,1
Probenstelle Nr. 8																				
	Min.	458	7,1	13,2	6,7	60	20	0,1	0,12	0,5	146	28	65	0,59	8,5	0,5	5,0	33,0	2,0	1,0
66/67	Max.	707	8,1	23,2	13,2	91	50	1,5	2,71	2,1	287	53	108	4,01	21,5	5,1	12,5	60,0	38,0	10,0
	x̄	569	7,8	17,3	9,9	77	28	0,6	0,5	1,0	217	41	88	2,01	12,5	1,9	8,3	50,0	10,0	5,0
	Min.	440	7,5	12,3	5,5	62	16	0,3	0,26	0,4	119	35	34	0,94	3,8	0,3	9,2	30,0	2,5	3,2
67/68	Max.	633	8,1	19,7	13,3	84	35	1,9	6,01	1,4	290	57	99	7,53	17,0	9,7	12,9	72,0	28,0	10,3
	x̄	561	7,8	16,8	10,2	76	26	0,8	1,2	0,9	222	44	81	2,79	9,2	2,6	8,6	50,4	11,0	5,1
Probenstelle Nr. 9A																				
	Min.	520	7,7	14,1	6,3	68	13	0,6	0,11	0,1	136	53	81	1,07	5,9	0,8	8,3	34,5	3,0	3,3
67/68	Max.	717	8,3	20,2	13,7	96	34	2,6	7,0	0,8	299	75	118	4,42	15,7	4,9	13,3	66,1	17,1	10,3
	x̄	656	8,0	18,1	10,3	85	27	1,3	1,6	0,5	224	64	103	2,8	10,0	2,1	9,0	50,4	9,8	5,1
Probenstelle Nr. 9																				
	Min.	464	6,7	13,7	8,3	64	18	0,4	0,19	0,1	180	32	48	0,15	6,0	0,3	8,2	30,3	6,5	8,1
66/67	Max.	538	8,0	16,0	12,6	76	29	1,4	5,37	1,0	275	46	73	1,38	15,8	4,3	10,4	58,7	22,2	17,5
	x̄	505	7,4	14,9	9,9	70	22	0,7	1,16	0,5	215	40	60	0,62	9,4	1,0	8,1	47,0	9,5	13,1
	Min.	468	7,3	12,3	6,9	58	5	0,3	0,67	0,3	174	25	51	0,03	4,0	0,6	5,7	8,2	6,0	8,2
67/68	Max.	559	7,9	15,7	10,9	86	26	2,0	4,88	0,7	238	57	82	1,18	13,1	2,3	10,5	51,9	30,9	20,9
	x̄	524	7,6	14,8	9,7	71	21	1,0	1,83	1,4	212	46	64	0,81	8,2	1,4	7,9	18,5	8,0	14,9

Abb. 13c Chemische und physikalische Messungen

		Gl µS	pH	GH °dH	KH °dH	Ca mg/l	Mg	Alk.I.W. mval	Fe mg/l	Mn mg/l	HCO_3 mg/l	Cl mg/l	SO_4 mg/l	PO_4 mg/l	NO_3 mg/l	NO_4 mg/l	O_2 mg/l	$KMnO_4$ mg/l	BSB_5 mg/l	TW °C
Probenstelle Nr. 10																				
	Min.	445	6,5	13,3	9,8	64	18	0,4	0,23	0,1	214	28	31	0,0	6,1	0,1	6,3	7,3	0,4	11,9
66/67	Max.	527	7,95	16,0	12,2	80	28	1,2	4,77	0,7	265	46	67	1,05	11,2	1,5	8,8	30,3	12,0	18,2
	$\bar{x}$	489	7,3	14,4	10,9	68	21	0,8	1,14	0,3	238	37	42	0,28	8,0	0,5	7,3	16,2	3,1	15,6
	Min.	476	7,2	12,3	9,1	62	12	0,6	0,17	0,2	198	39	31	0,0	2,8	0,5	5,6	5,4	0,8	12,1
67/68	Max.	534	7,8	15,4	12,3	84	25	1,5	5,19	0,6	268	53	56	1,44	14,9	2,0	8,4	22,1	9,8	20,2
	$\bar{x}$	507	7,4	14,1	11,1	69	19	1,1	1,95	0,3	242	42	42	0,3	7,0	1,1	7,0	12,0	3,1	16,3
Probenstelle Nr. 11																				
	Min.	430	6,5	13,2	10,1	64	16	0,45	0,17	0,1	220	28	24	0,0	4,7	0,1	6,2	5,1	0,3	13,1
66/67	Max.	512	8,0	16,0	12,3	73	32	1,4	4,74	0,5	268	43	52	0,74	10,2	1,5	8,3	19,0	13,6	19,1
	$\bar{x}$	488	7,3	14,3	11,4	68	21	0,9	1,03	0,3	248	36	39	0,25	7,3	0,5	7,1	10,7	2,6	16,7
	Min.	483	7,1	12,8	9,2	62	11	0,7	0,11	0,2	201	39	26	0,0	3,0	0,12	5,7	4,7	0,8	12,6
67/68	Max.	532	7,8	16,0	12,3	84	29	1,4	6,64	0,5	268	46	55	0,62	11,8	1,69	8,1	20,5	9,5	21,6
	$\bar{x}$	510	7,4	14,2	11,4	69	20	1,1	1,78	0,3	248	42	40	0,27	6,2	0,96	6,8	2,6	2,6	17,5
Probenstelle Nr. 12																				
	Min.	447	6,5	13,2	10,4	64	17	0,55	0,24	0,1	226	28	24	0,0	4,8	0,13	6,3	4,4	0,3	13,4
66/67	Max.	515	8,0	16,0	12,3	74	32	1,2	4,92	0,5	268	39	47	0,57	10,8	1,21	8,5	20,2	8,9	19,7
	$\bar{x}$	495	7,3	14,5	11,6	69	21	0,85	1,59	0,3	253	36	38	0,22	7,0	0,47	7,3	10,6	2,4	17,0
	Min.	483	7,2	13,2	9,1	60	17	0,6	0,14	0,14	198	39	24	0,0	2,7	0,11	5,7	4,7	0,9	12,6
67/68	Max.	532	7,8	15,4	12,7	73	26	1,4	7,03	0,6	278	46	55	0,67	12,8	1,9	9,9	21,6	12,9	22,0
	$\bar{x}$	514	7,5	14,4	11,7	68	21	1,1	1,7	0,3	254	42	38	0,24	6,4	0,97	7,0	10,0	2,7	17,8
Probenstelle Nr. 13																				
	Min.	455	6,6	13,7	10,5	66	16	0,4	0,23	0,02	235	28	29	0,08	5,4	0,2	6,3	4,4	0,1	13,2
66/67	Max.	515	7,8	16,0	12,5	74	29	1,2	3,76	0,56	275	43	48	0,6	11,2	1,4	8,3	19,0	6,2	19,5
	$\bar{x}$	494	7,4	14,7	11,6	70	22	0,8	0,97	0,28	252	35	38	0,3	7,4	0,5	7,1	10,3	2,3	16,8
	Min.	493	7,2	13,4	8,8	61	17	0,7	0,19	0,13	192	39	29	0,0	2,7	0,12	6,3	5,2	0,7	11,8
67/68	Max.	529	8,2	15,7	12,5	72	26	1,4	7,4	0,66	271	46	60	0,52	12,4	1,89	9,1	22,1	11,1	22,2
	$\bar{x}$	516	7,6	14,4	11,6	68	21	1,1	1,5	0,29	252	42	39	0,32	7,0	0,98	7,2	11,3	3,1	17,7
Probenstelle Nr. 14																				
	Min.	463	6,7	13,9	10,8	66	17	0,6	0,22	0,01	241	32	31	0,15	6,0	0,14	7,1	6,6	0,3	12,6
66/67	Max.	529	8,2	15,7	12,3	76	32	2,0	4,83	0,73	275	43	49	0,8	11,8	1,52	9,6	25,9	9,0	19,7
	$\bar{x}$	502	7,5	14,6	11,7	70	21	1,0	1,0	0,29	255	36	40	0,4	7,8	0,47	8,2	10,8	3,4	16,5
	Min.	487	7,3	13,6	8,8	63	17	0,8	0,8	0,38	192	39	26	0,15	3,3	0,08	7,1	5,2	1,0	11,2
67/68	Max.	549	8,2	15,4	12,7	74	30	1,5	1,5	4,81	178	46	67	0,82	15,5	1,79	9,4	30,7	16,4	22,1
	$\bar{x}$	523	7,7	14,5	11,6	69	21	1,2	1,2	1,54	253	43	39	0,46	7,7	0,95	7,9	11,8	3,4	17,3

Nitrat: Photometrisch im ELKO II mit Brucin-Schwefelsäure (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung).

Sulfat: Indirekte Bestimmung aus Gesamtmineralsäurewert minus Nitrat und Chlorid; dieser Wert ist eigentlich als Sulfat plus Restsäuren zu bezeichnen und liegt nach Vergleichsbestimmungen mit Bariumchromat 1-2 v. H. höher als der direkt bestimmte Sulfatgehalt.

Chlorid: Titrimetrisch (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung).

Phosphat: (gelöster Orthophosphat): Photometrisch im ELKO II mit Vanadat-Molybdat-Reagenz (Merck. Die Untersuchung vom Wasser).

Gesamtleitfähigkeit: Mit WTW Leitfähigkeitsmesser Typ LBR (µS 25° C).

pH: Elektrometrisch.

Kaliumpermanganatverbrauch: Titrimetrisch (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung).

Sauerstoff: Titrimetrisch nach Winkler (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung).

Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB$_5$): Verdünnungsmethode nach den Deutschen Einheitsverfahren unter Verwendung von zehrungsfreiem Talsperrenwasser.

Temperaturmessung: Geeichtes Quecksilberthermometer mit 0,1° C Skalenteilung.

Die Minima, Maxima und Mittelwerte für die einzelnen Faktoren sind, getrennt nach erstem und zweitem Untersuchungsjahr, auf den Abbildungen 13 a - d dargestellt.

2.8.2. *Wassertemperatur*

Da die Probenstellen von der Quelle zur Mündung abgefahren wurden, beziehen sich die auf dem Thermoisopletendiagramm in Abb. 16 S. 34 dargestellten Wassertemperaturen an den Probenstellen des Oberlaufes auf den Vormittag, an denen des Unterlaufes auf den späten Nachmittag.

Um Einblick in die tagesperiodischen Schwankungen der Wassertemperaturen zu erlangen, wurden bei Strahlungswetter im Ober-, Mittel- und Unterlauf 24-Stunden-Messungen ausgeführt. Außerdem wurden über 2 Wochen im Ober- und Unterlauf selbstschreibende Temperaturmeßgeräte installiert. Im Mittellauf mußte auf Langzeitmessungen verzichtet werden, weil keine diebstahlsichere Unterbringung der gesamten Meßeinrichtung möglich war.

Die Auswertung der Temperaturmessungen über längere Zeit (Abb. 14) zeigt im Oberlauf übereinstimmend mit den theoretischen Erwartungen, daß die Wassertemperaturkurve zeitlich nach hinten verschoben und in der Amplitude abgeschwächt dem Gang der Lufttemperaturen folgt. Gleichartige Ergebnisse haben MACAN (1958) vom Outgate Beck, ELSTER und SCHMOLINSKY (1952/53), sowie BACKHAUS und SANDER (1967) für Schwarzwaldbäche vorgelegt. Im Unterlauf dagegen ist die Verknüpfung von Luft- und Wassertemperatur weitgehend gelöst und diese ist kaum merklich von der Lufttemperatur beeinflußt. Damit sind die im Rahmen der vorliegenden Arbeit besonders wichtigen Wassertemperaturen des Unterlaufes für den ganzen Tag repräsentativ und so mit den Werten der oberhalb liegenden Probenstellen direkt vergleichbar. Die 24-Stunden-Messungen (Abb. 15) erbrachten ein entsprechendes Bild: Die Wasser-

Abb. 14 Langzeitmessungen von pH, Wasser- und Lufttemperatur

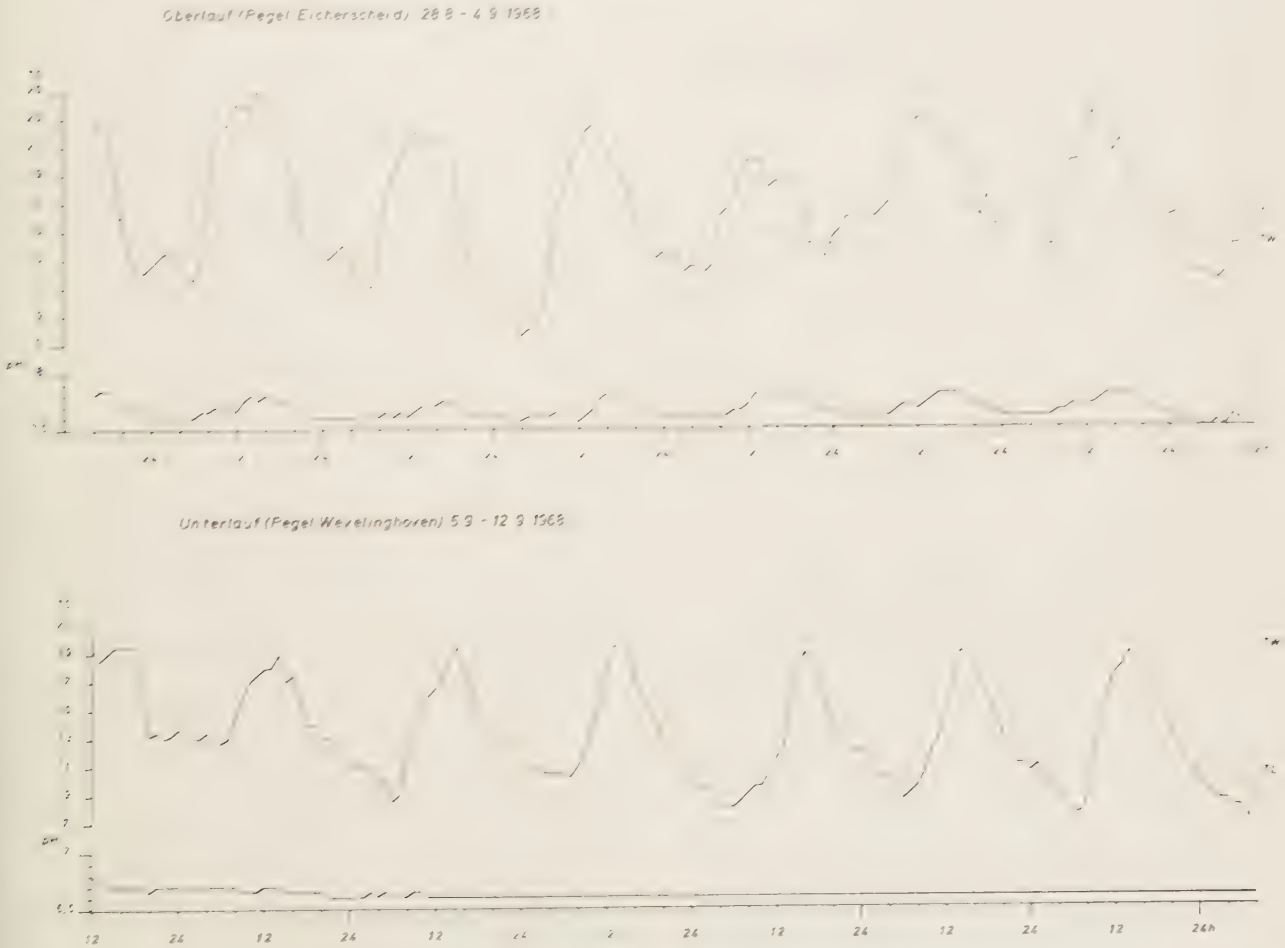
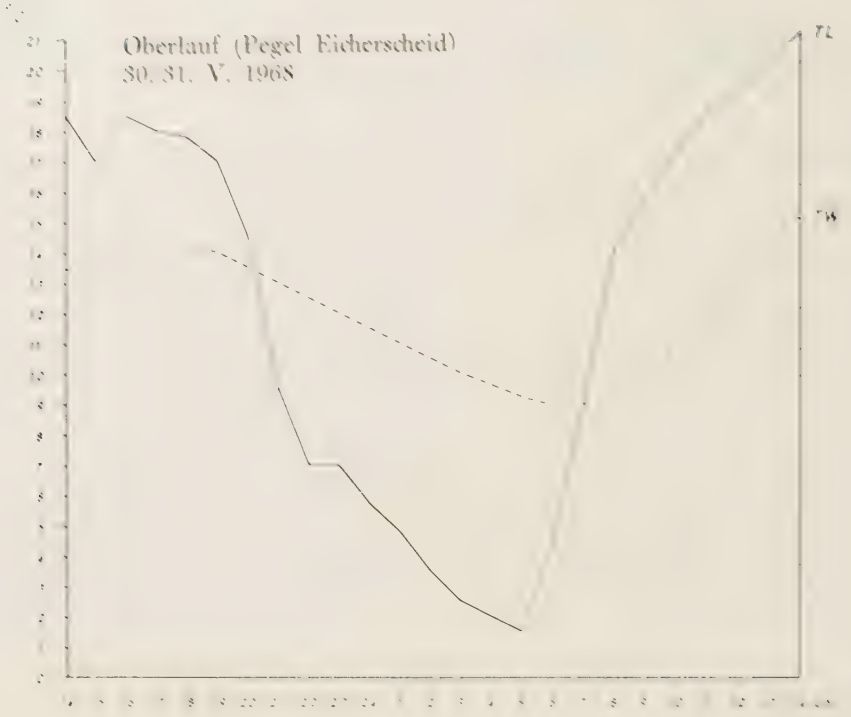
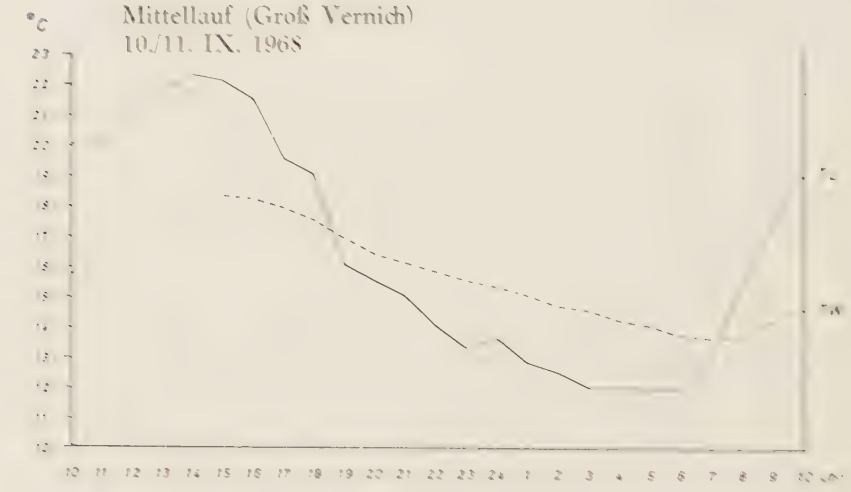


Abb. 13 Luft- und Wassertemperaturen
bei den 24-Stundenmessungen





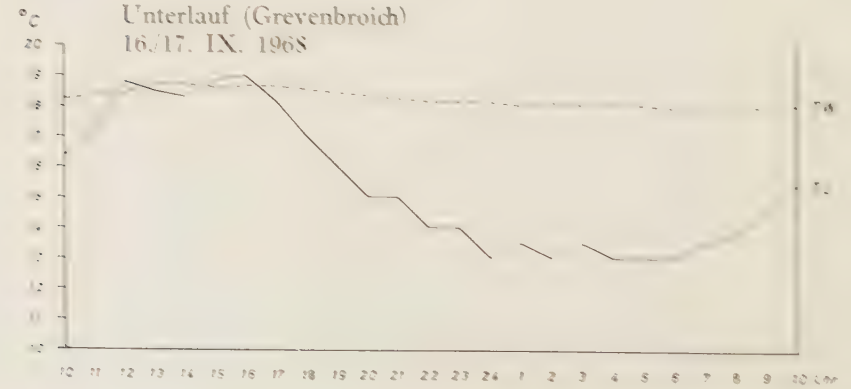


Abb. 10 Tagesmittel der Wassertemperatur (°C)

Datum	Abfluß m³/s Pegel Arloff	Pegel Blies-heim	Pegel Flesch	Probenstelle 1	2A	2	3	4	5	6A	6	7	8	9A	9	10	11	12	13	14
13.V. 1966	1,1		19	10,0		11,2	11,9	12,4	11,5		9,3	8,5	8,6		7,0	6,8	6,5	6,9	7,7	7,9
6.VI.	0,8	1,7	19	10,7		10,9	10,8	10,9	10,6		8,9	8,4	7,3		7,4	6,9	6,6	6,8	7,1	7,9
4.VII.	1,6	3,1	19	7,3		9,5	9,4	9,2	8,4		7,9	8,0	8,0		6,2	6,3	6,2	6,3	6,3	7,1
2.VIII.	0,8	2,3	21	9,8		11,2	10,8	10,4	10,1		8,5	8,6	8,3		7,2	6,9	7,0	7,3	7,8	8,0
30.VIII.	0,8	1,6	21	9,6		10,8	10,6	10,3	8,4		6,0	6,2	6,8		6,7	6,9	6,9	7,1	6,9	8,0
27.IX.	0,8	1,6	18	11,1		11,0	10,9	11,2	10,2		8,6	8,8	9,0		7,9	7,3	7,4	7,6	7,1	8,9
25.X.	0,9	11,0	21	9,8		10,8	10,4	10,9	9,8		8,7	9,2	8,5		7,9	7,4	7,0	7,3	7,2	7,9
22.XI.	5,6	9,4	20	11,0		12,0	11,7	12,2	11,5		11,8	11,0	11,1		9,5	8,2	7,0	7,6	7,0	8,0
20.XII.	2,2	3,2	20	10,7		11,5	11,4	11,5	11,5		10,5	11,0	10,3		8,6	7,0	7,3	6,8	7,0	7,8
17.I. 1967	2,7	5,3	20	11,2		12,4	12,3	12,8	13,0		12,4	12,8	12,6		10,3	8,4	8,0	8,5	7,8	8,3
14.II.	0,7	2,1	21	12,5		13,0	13,2	13,9	13,7		13,3	13,0	11,3		9,8	7,8	7,1	7,1	7,8	8,9
14.III.	2,1	4,6	20	12,3		12,7	12,8	12,6	13,0		11,7	11,4	11,1		9,4	8,2	7,7	8,0	7,7	8,5
11.IV.	0,9	2,7	21	11,0		10,9	11,6	12,6	11,5		11,1	10,6	10,0		8,7	7,8	7,1	8,0	7,6	7,1
9.V.	0,7	2,2	18	11,9	11,4	12,2	11,8	13,4	11,5	7,6	9,2	11,5	9,8	9,2	7,0	6,7	6,9	6,9	6,7	7,7
6.VI.	0,9	2,1	18	11,7	11,6	11,2	10,7	11,0	8,7	6,1	7,9	7,6	7,4	7,3	6,3	6,3	6,6	6,8	6,9	7,2
4.VII.	0,8	2,1	17	10,8	10,6	10,7	10,4	10,3	9,0	8,5	7,6	7,9	7,0	7,4	6,9	6,9	6,9	6,1	6,9	7,4
1.VIII.	0,8	1,7	18	10,5	11,0	10,8	10,3	10,0	9,2	6,3	6,7	6,4	6,7	6,6	5,7	5,6	6,3	6,6	6,7	7,4
30.VIII.	0,7	2,8	18	11,5	10,8		11,1	12,2	8,3	5,2	6,2	9,6	8,9	7,7	7,0	7,4	7,1	7,3	7,5	9,1
28.IX.	0,8	1,9	18	10,0	10,2		10,4	10,3	8,9	5,7	7,4	7,1	6,2	7,2	6,8	6,7	6,4	6,6	6,8	7,6
26.X.	0,8	1,8	18	10,4	9,4		10,3	10,1	6,2	0,1	6,6	4,1	4,2	7,3	7,1	6,7	6,6	6,8	6,9	7,6
23.XI.	0,8	1,6	18	12,5	11,3	11,8	12,2	12,9	12,6	10,2	10,9	10,9	9,1	10,3	8,4	7,8	7,2	7,8	7,3	8,0
21.XII.	1,1	3,3	16	12,1	11,3	12,2	12,1	12,7	12,6	10,9	11,3	11,6	10,1	10,9	9,2	8,0	7,5	7,4	7,7	8,3
16.I. 1968	5,6	13,0	21	12,0	11,5	12,2	11,8	12,2	12,4	11,3	11,3	12,1	11,5	11,5	10,1	8,1	8,1	7,8	8,2	8,3
13.II.	0,9	3,3	16	12,6	11,9	12,8	12,0	12,5	12,9	9,3	9,9	10,4	9,5	10,3	8,5	7,0	6,7	6,6	6,6	7,3
12.III.	1,3	5,2	17	13,2	12,7	13,8	13,4	14,5	13,6	11,3	13,0	12,3	12,4	12,2	9,6	8,4	7,5	9,9	8,1	9,4
9.IV.	0,8	2,1	14	11,9	11,7	13,2	13,4	13,5	14,1	9,4	8,8	10,3	9,6	10,4	8,4	7,0	6,0	6,2	6,6	7,8
7.V.	0,6	2,4	14	11,4	11,0	11,4	11,3	11,4	10,7	7,3	8,2	7,4	8,0	7,6	7,3	6,5	6,2	6,1	6,3	7,1

0 - 0,9 ⁘ 1 - 5,9 /// 6 - 9,9 // 10 und darüber

temperaturen des Ober- und Mittellaufes hängen sehr stark von den Lufttemperaturen ab. Im Unterlauf blieben die Wassertemperaturen Tag und Nacht nahezu gleich.

Die thermischen Verhältnisse des gesamten Erftlaufes sind dem Thermoisopletendiagramm (Abb. 16, S. 33) zu entnehmen.

Probenstelle 1 ist starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt und zeigt mit 15,9°C eine recht hohe jährliche Amplitude der Vormittagswassertemperaturen. Probenstelle 2A, an dem schattigen Borbach gelegen, besitzt dagegen mit 5,8°C Schwankung einen wesentlich ausgeglicheneren Temperaturhaushalt. Die Durchschnittstemperatur lag bei 8,9°C. Von Probenstelle 2-5 wächst der Abstand zwischen den Minimal- und Maximaltemperaturen, was sowohl mit der längeren Fließstrecke, als auch mit der etwas späteren Messung am Tage zusammenhängt.

Eisbildungen traten nur an den Probenstellen 1-5 in Form von Randeis auf.

Die geringeren Temperaturamplituden von Probenstelle 6 A bis 7 sind in erster Linie dem Einfluß der Abwasserzuläufe zuzuschreiben, die insbesondere die Wintertemperaturen nicht so stark absinken ließen. Wenig oberhalb der Probenstelle 8 mündet der Rotbach. Außerdem wurden während der Untersuchungszeit größere Mengen sauberen, kalten Grundwassers eingeleitet, so daß die Sommertemperaturen nicht so hoch ansteigen konnten. Bei Probenstelle 9 A sind die Verhältnisse sehr ähnlich. Oberhalb mündet der Neffelbach und - zumindest zeitweise - wurden Sümpfungswässer eingeleitet.

Die Thermik an Probenstelle 9 ist von dem warmen Sümpfungswasser der Einleitung Bohlendorf geprägt, was sich am klarsten an der Minimaltemperatur von 8,2° C äußert. An den Probenstellen 10-14 lag die Amplitude der Maxima und Minima 1966/67 bei 6-7° C. Im zweiten Jahr (1967/68) mit deutlich wärmerem Sommer umfaßte die jährliche Schwankung der Temperaturen auch nur 8,1° (Probenstelle 10) bis 10,9° C (Probenstelle 14). Unterhalb der Probenstelle 11 fließen der Erft nur noch relativ geringe Wassermengen zu. Daher läßt sich an dem langsamen Anstieg der Amplituden von 9,0 über 9,4 und 10,4 auf 10,9° C die nur sehr allmähliche Angleichung der Wassertemperaturen an die Umgebungstemperatur auf den rund 25km Flußstrecke zeigen. Als wichtigstes Kennzeichen der Thermik in der unteren Erft müssen die hohen Winterwassertemperaturen angesehen werden, die an den Probenstellen 10-14 nur dreimal die 12° C-Grenze unterschritten, wogegen im Sommer 22,2° C nicht überschritten wurden.

In Fortführung der Klassifizierung der Fließgewässer nach ihrer Thermik von GLASER, PETRIKAT, SCHMITZ und FLINSPACH (1969) könnte man für die untere Erft einen neuen Typus prägen, und diesen als mäßig sommer- und winterwarm charakterisieren. Zur Zeit ist dieser Gewässertyp zwar noch selten, es ist aber möglich, daß im Zuge der Ausweitung der Nutzung von Fließgewässern als Kühlwasserträger, dieser Gewässertyp häufiger werden könnte.

Gliederung der Flüsse nach ihrem Temperaturregime (nach GLASER, PETRIKAT, SCHMITZ und FLINSPACH (1969), erweitert).

1. Konstant warme Flüsse

   a) Warme Flüsse (Temperaturbereich ca. 25-30° C), Verbreitungsgebiet Tropen.

   b) Mäßig warme Flüsse (Temperaturbereich 10-25° C), untere Erft und ähnliche Fließgewässer gemäßigter Breiten mit anomal hohen Wintertemperaturen.

2. Saisonal warme Flüsse

   a) Extrem sommerwarm (Temperaturmaxima ca. 30° C), Verbreitungsgebiet Subtropen und an die Subtropen angrenzender Teil der temperierten Zone.

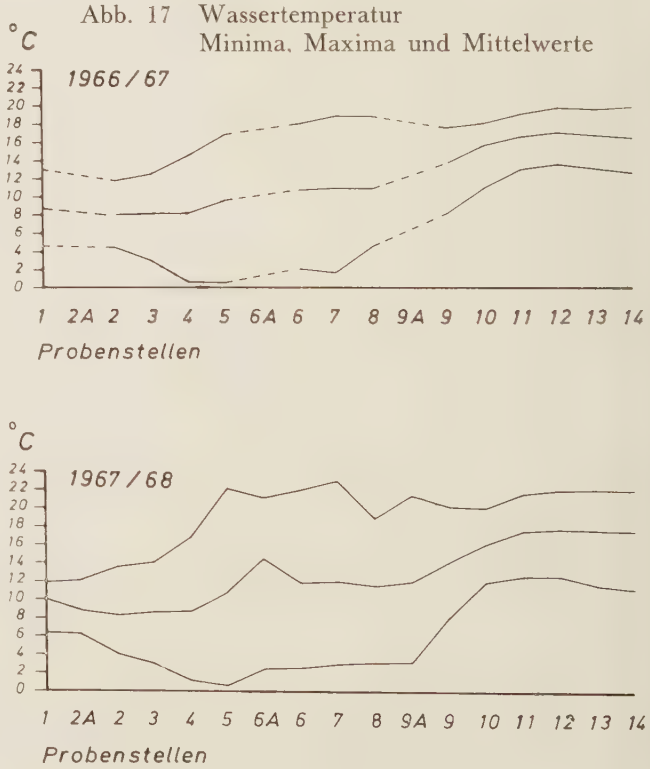
   b) Sommerwarme Fließgewässer (Temperaturmaxima ca. 26° C, Verbreitungsgebiet gemäßigte Zone.

   c) Sommerkühle Flüsse (Temperaturmaxima ca. 18° C), Verbreitungsgebiet gemäßigte Zone, Gebirgslage oder Gebirgsrandlage.

3. Konstant kühle Fließgewässer (Temperatur schwankt im kühlen Temperaturbereich verhältnismäßig geringfügig, je nach Höhenlage z. B. um einen Mittelwert von 10° C oder um 5° C, oder bei Gletscherflüssen in der Nähe des Gefrierpunktes. Verbreitungsgebiet quellnaher Bereich im Hochgebirge, Mittelgebirge oder Tiefland, sowie eine daran anschließende Strecke von unterschiedlicher Länge.

Abb. 17 zeigt die Minima, Maxima und Mittelwerte entlang der Erft als Kurven, um damit ein zusammenfassendes Bild der thermischen Verhältnisse zu geben.

Abb. 17 Wassertemperatur
Minima, Maxima und Mittelwerte



2.8.3. *Sauerstoff*

Der Sauerstoffgehalt der Erft (Abb. 18 + 19) ist, von kurzfristigen Ausnahmen im Mittellauf abgesehen, für das Organismenleben günstig. Im Oberlauf lagen die Sättigungswerte in der Regel über 100%. Der Mittellauf ist gekennzeichnt durch Werte, die zwischen 60 und 90% Sättigung schwankten und nur bei Abwasserstößen extrem niedrig lagen. Im Unterlauf zeigt sich ein ausgeglichenes Bild mit Sauerstoffkonzentrationen von meist 70 - 80%.

Im Bereich der Probenstellen 1 - 4, wo die Erft ein typischer Bergbach und nicht bzw. kaum verschmutzt ist, wurde meist Übersättigung angetroffen. Die niedrigsten Werte traten am 4. 7. 1966 bei Regenwetter zu Beginn eines Hochwassers auf. Die höchsten Sauerstoffwerte fallen mit Algenmassenentwicklungen zusammen. Da es in der oberen Erft kaum Abstürze gibt, können sich insbesondere bei Niedrigwasser Übersättigungen trotz der turbulenten Strömung halten.

Bei der Probenstelle 5, unterhalb Iversheim, wo die Erft ein erheblich belasteter Bergbach ist, schwankten die Sättigungswerte zwischen 87 und 120%. Nur einmal, bei sehr niedrigem Wasserstand Ende Oktober 1967, wurden lediglich 61% Sättigung festgestellt. An diesem Tage waren die Werte der anderen Probenstellen ebenfalls niedriger als sonst.

Infolge der großen Abwasserlast der Erft unterhalb Euskirchens und des Kuchenheimer Mühlengrabens waren die Sauerstoffsättigung und die Sauerstoffgehalte an der Probenstelle 6A trotz rascher, turbulenter Strömung wesentlich niedriger als im Oberlauf. Die Hauptmenge der Werte schwankte in weiten Grenzen zwischen 60% im Sommer und 97% im Winter, jedoch fallen 2 Werte mit 39% und 5% bei stoßweiser Abwasserlast, die sich auch an den anderen chemischen Daten zeigt, erheblich aus dem Rahmen. Die übrigen Probenstellen des Mittellaufes zeigen im großen und ganzen das gleiche Bild. Einige Male wurden Übersättigungen festgestellt, die an Probenstelle 7 im Mai 1967 sogar 125% erreichten.

Unterhalb des Abschlags Mödrath, bei Probenstelle 9A, traten keine extremen Sauerstoffkonzentrationen auf. Sie lagen zwischen 71 und 100%.

Der Unterlauf der Erft ist recht einheitlich. Die Sauerstoffsättigung sank nie unter 63% und stieg selten über 100%. Die absoluten Werte lagen meist bei 7mg/l. Probenstelle 9 und 14 haben Mittelwerte um 8 mg O_2/l. Der etwas niedrigere Sauerstoffgehalt in Kaster (Probenstelle Nr. 10) gegenüber der oberhalb in Paffendorf liegenden Probenstelle (Nr. 9) kann als Folge der Selbstreinigung auf der Strecke gedeutet werden, denn bei allen Verschmutzungsparametern ist stets eine kräftige Abnahme zwischen Probenstellen 9 und 10 vorhanden. Es kommen allerdings auch noch beträchtliche Mengen belüfteten Sümpfungswassers hinzu.

Vor der Mündung in den Rhein (Probenstelle 14) schwankten die Sauerstoffgehalte auf höherem Niveau als in Wevelinghoven (Probenstelle 13). Die größeren Sauerstoffgehalte an Probenstelle 14 können, da sie zu allen Jahreszeiten auftraten, nicht mit verstärkter biogener Belüftung auf der Fließstrecke in Verbindung gebracht werden. Sie sind auf verschiedene Abstürze des Wassers über Mühlenwehre sowie höhere Turbulenz und damit verbundenem physikalischen Sauerstoffeintrag zurückzuführen.

Der Tagesgang der Sauerstoffwerte wurde bei den 24-Stunden-Messungen festgehalten (vgl. Abb. 20 S. 38). Im Oberlauf, am Pegel Eicherscheid, folgte der O_2-Gang der theoretisch zu erwartenden Kurve, wobei die Sättigung um 19 Uhr unterschritten und um 6 Uhr wieder überschritten wurde. Parallel dazu sank während der Nacht der pH-Wert infolge des Anstiegs der Konzentration an Hydrogenkarbonationen. Da bei dem hohen pH-Wert der oberen Erft freies CO_2 nicht auftritt, steht für die Assimilation hier nur HCO_3^- zur Verfügung. Die Werte stehen im Einklang mit denen der Literatur, z. B. BACKHAUS und SANDER 1967, BRUNJEWICZ 1931, BUTCHER, PENTELOW und WOODLEY 1927, GESSNER 1955, SCHMASSMANN 1951. Eine Sauerstoffdepression in den Mittagsstunden, die anderwärts beobachtet wurde, (z. B. HORNUNG 1959) konnte an der Erft nicht festgestellt werden.

Der Tagesgang des Sauerstoffgehaltes im Mittellauf nahe der Probenstelle 6 A ist ebenfalls deutlich ausgeprägt. Er sank nahezu gleichmäßig vom späten Vormittag bis 18 Uhr, um dann ab 21 Uhr wieder anzusteigen. Gegenüber dem Wiederanstieg der Sauerstoffspannung am Pegel Eicherscheid bedeutet dies eine Verzögerung um 16 Stunden. Legt man etwa 0,3 - 0,4 m/s Fließgeschwindigkeit entsprechend dem niedrigen Wasserstand über die Gesamtstrecke ab Eicherscheid zugrunde, so wäre damit eine gute Korrelation zum Anstieg der Sauerstoffkurve am Pegel Eicherscheid im Oberlauf gegeben. Die wesentlich größere Amplitude der Schwankung kann als Folge der mikrobiellen Sauerstoffzehrung gedeutet werden, sichtbar auch an den erheblich höheren Werten für den $KMnO_4$-Verbrauch und die Gesamtkeimzahl. Zum pH-Wert und dem Gehalt an Hydrogenkarbonationen läßt sich ebenfalls eine eindeutige Korrelation finden.

Die Sümpfungswässer kommen intensiv belüftet in den Unterlauf des Flusses. Da sie den Hauptteil des Wassers in der unteren Erft ausmachen, wird so die natürliche Tagesschwankung überlagert. Bei den 24-Stunden-Messungen in Grevenbroich (Unterlauf) wurde zwar ein von Stunde zu Stunde schwankender Sauerstoffgehalt festgestellt, eine Tagesperiodik ist jedoch nicht erkennbar.

Abb. 13 Isopleten des Sauerstoffgehaltes (mg/l)

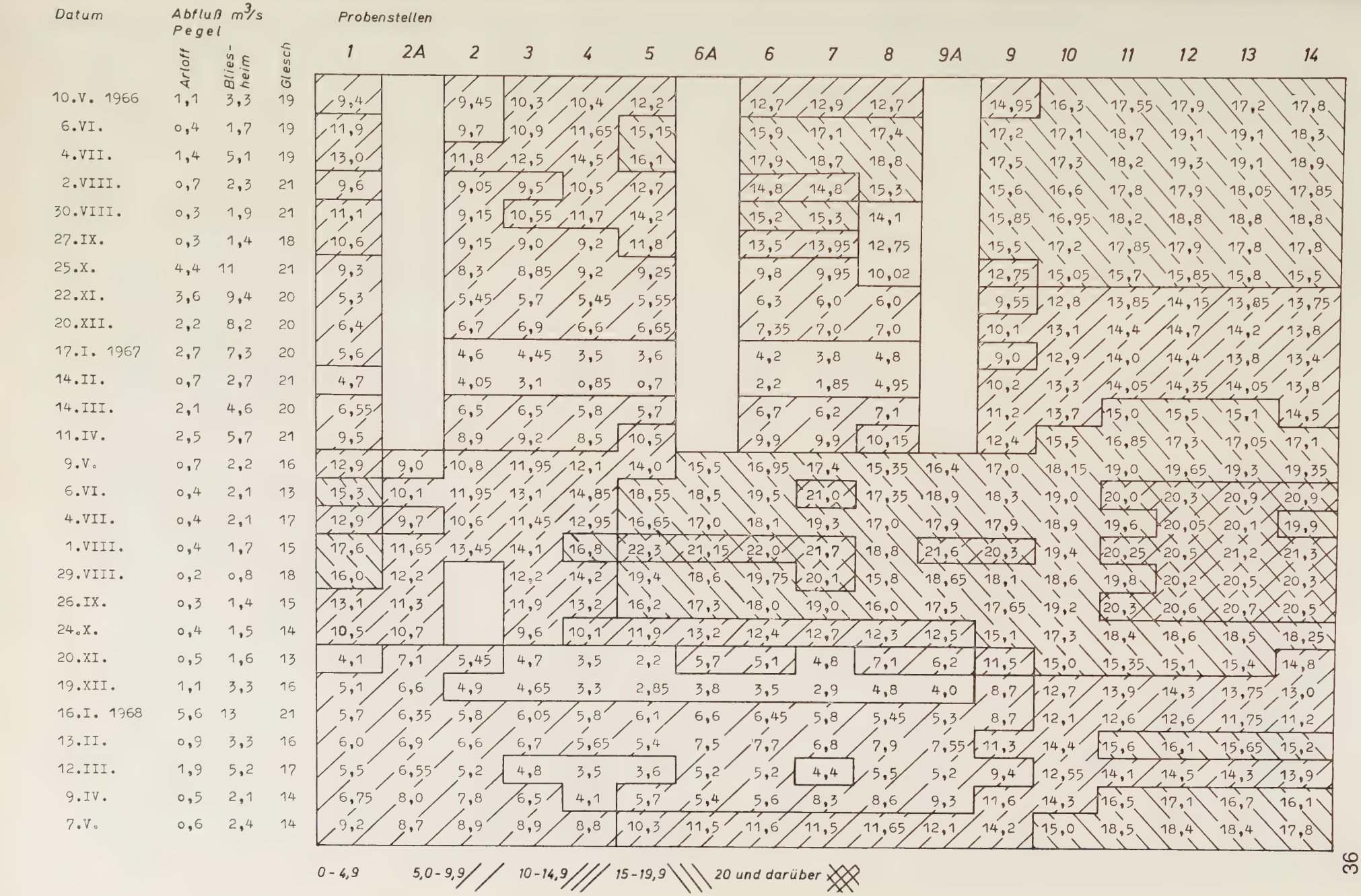


Abb. 19 Isopleten der Sauerstoffsättigung (%)

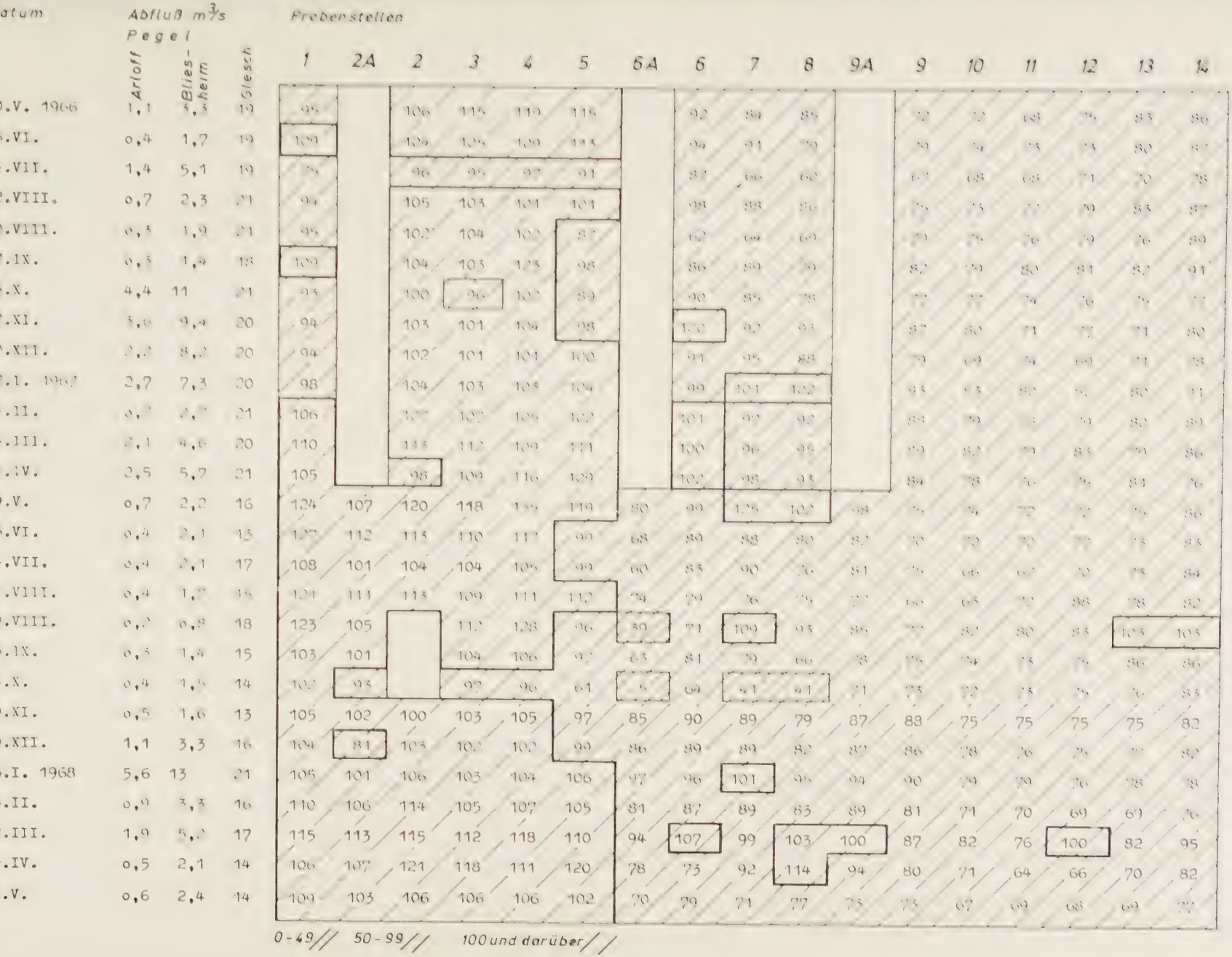


Abb. 20 O_2, HCO_3^- und pH bei den 24-Stunden-Messungen

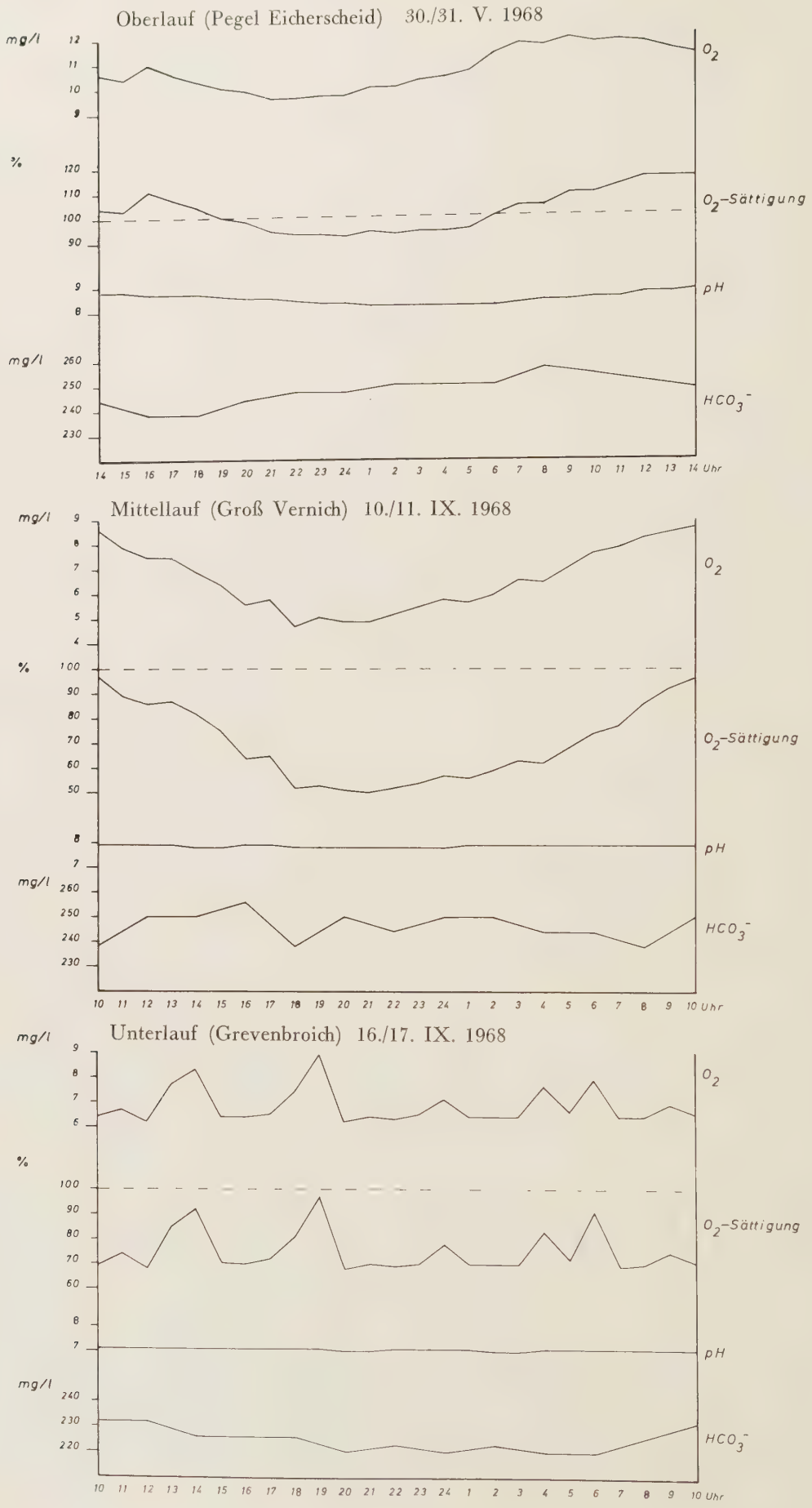
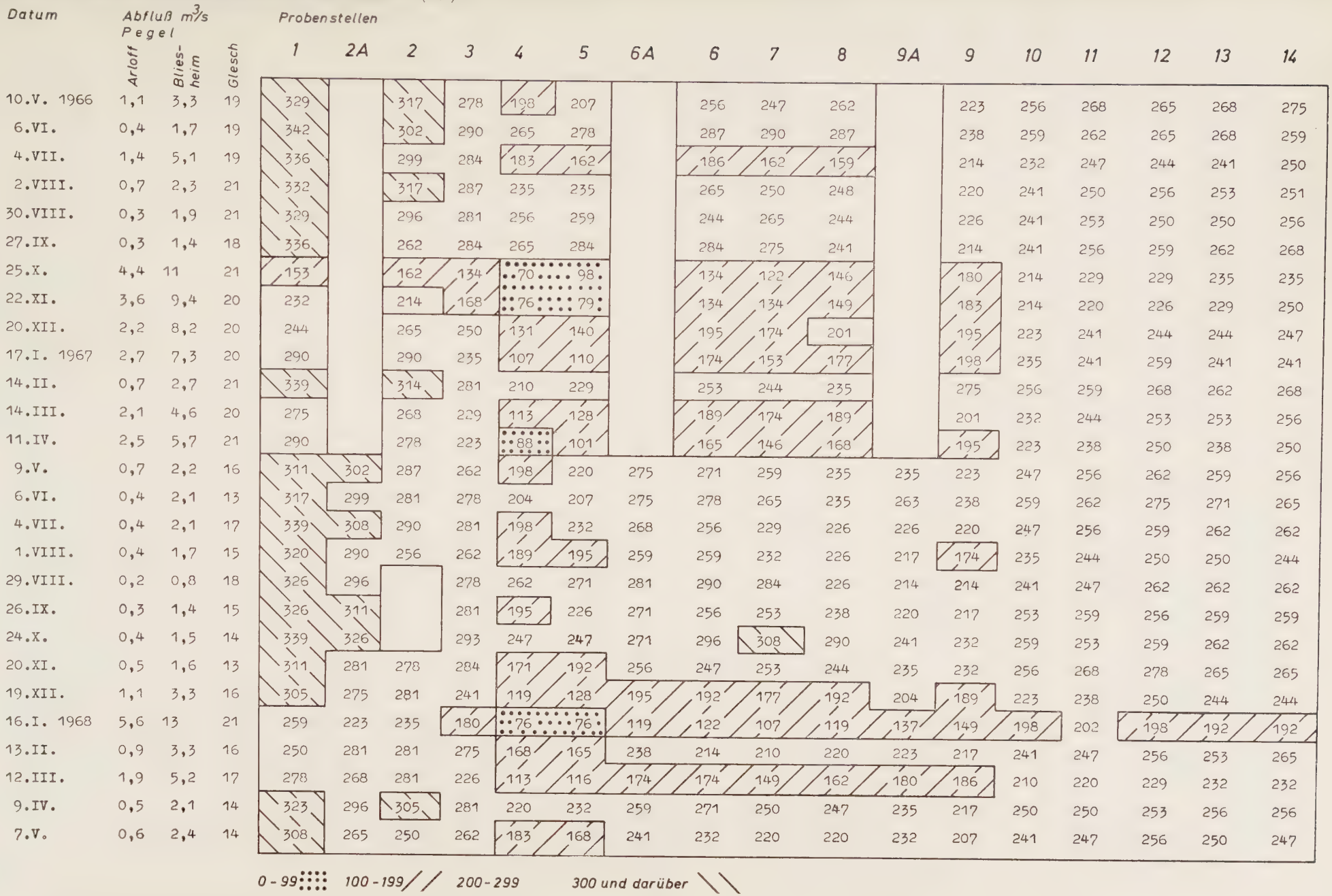


Abb. 21 Isopleten des Hydrogenkarbonat-Gehaltes (m/l)



2.8.4. *Hydrogenkarbonat und freies Kohlendioxid*

Da die Entnahme der Aufwuchsproben sowie der chemischen Proben gleichzeitig an einem Tage erfolgte, war es bei den über 300 km Fahrstrecke und 17 Probenstellen aus zeitlichen Gründen nicht möglich, das freie CO_2 im Wasser zu bestimmen. Zur Orientierung wurde am 26. 9. 1967 eine Messung durchgeführt. Nachstehend sind die Ergebnisse dieser Bestimmungen eingetragen:

Freies CO_2 in der Erft, 26. 9. 1967

Nr. d. Probenstelle	1	2A	2	3	4	5
CO_2 mg/l	6,2	12,3	—	0	0	0

Nr. d. Probenstelle	6A	6	7	8	9A
CO_2, mg/l	4,4	2,6	1,8	7,0	3,5

Nr. d. Probenstelle	9	10	11	12	13	14
CO_2, mg/l	23,8	32,6	29,0	32,6	24,2	16,7

Im Oberlauf wurde nur an den quellnahen Probestellen freies Kohlendioxid gefunden. An den übrigen Probenstellen in der Eifel enthielt das Wasser kein CO_2. Dies ist aus dem hohen pH-Wert leicht erklärlich. Unter dem Einfluß der Abwasserzuläufe stieg im Mittellauf parallel mit dem Absinken des pH-Wertes die CO_2-Menge bis auf 7 mg/l an. Oberhalb der Probenstelle 9 (unterhalb Bergheim) bringt die Einleitung Bohlendorf CO_2-reiches Wasser in die Erft (36 mg/l am 26. 9. 67). Unter dem Einfluß dieser und weiterer Sümpfungswassereinleitungen stiegen die Werte bei den Probenstellen der unteren Erft über 30 mg/l. Erst ab Gustorf, nachdem keine weiteren Sümpfungswässer zufließen, sanken die Werte allmählich bis auf 16,7 mg/l — kurz vor der Mündung in den Rhein bei Probenstelle 14 — ab.

Der Gehalt an Hydrogenkarbonationen wurde regelmäßig ermittelt, vergl. Abb. 21. S. 39. Aus dem Isopletenbild ergibt sich eine klare Gliederung der Erft. Die meisten Werte lagen zwischen 300 und 200 mg HCO_3^-/l. Mehr als 300 mg wurden sehr häufig im Oberlauf gefunden. Die geringsten Mengen bis zu 70 mg/l traten im unteren Oberlauf (Probenstellen 4 und 5) auf. Sehr klar zeigt sich der Einfluß von Hochwässern auf den Hydrogenkarbonatgehalt. Bei dem Hochwasser des 16. 1. 1968 wirkte sich die Erniedrigung der Werte infolge hoher Niederschlagsmengen bis zur letzten Probenstelle vor dem Rhein aus. Die hohen Werte im Oberlauf sind geologisch bedingt, da die Erft — wie schon oben dargestellt — in einem Kalkgebiet entspringt.

Die Hydrogenkarbonatkurve bei den 24-Stunden-Messungen (Abb. 20, S. 38) ist entsprechend den theoretischen Erwartungen der Sauerstoffkurve gegenläufig. Das Minimum wurde um 18 Uhr erreicht, danach stiegen die Werte allmählich bis 8 Uhr an.

Im Mittellauf zeigt die 24-Stunden-Kurve einen wesentlich unregelmäßigeren Verlauf, was auf die Abwassereinflüsse zurückzuführen ist.

Im Unterlauf bei Grevenbroich schwankten die Werte nur in geringem Maße, die zum Sauerstoffgehalt gegenläufige Tendenz ist jedoch gut zu erkennen.

2.8.5. *Wasserhärte, Sulfat, Calcium und Magnesium*

Entsprechend den geologischen Gegebenheiten des Erftquellgebietes ist das Wasser der oberen Erft ziemlich hart bis hart, im Mittel 16 - 17° dH. Wie aus dem Isopletendiagramm (Abb. 23, S. 41) ersichtlich, ist die Schwankung der Gesamthärte an die Höhe des Abflusses gebunden. Je geringer der Abfluß, desto höher stiegen die Gesamthärtegrade. Starke Hochwässer brachten eine erhebliche Herabminderung der Wasserhärte. Die höchsten Werte, bis fast 25° dH, wurden im Mittellauf gefunden. Unter dem Einfluß der Sümpfungswässer traten im Unterlauf nur geringfügige Schwankungen auf, eine Beobachtung, die bei den meisten Parametern gemacht werden kann, und die immer wieder den stabilen Charakter der unteren Erft unterstreicht.

Die Hauptmenge der Härtebildner stellt das Calciumhydrogenkarbonat, daher lag die Karbonathärte (Abb. 24, S. 42) im Oberlauf nur 3—4° dH niedriger. Die Sulfatgehalte (Abb. 25, S. 43) schwankten hier meist um 30—40 mg/l.

In der mittleren Erft lagen die Werte für Gesamt- und Karbonathärte weiter auseinander, dafür war der Sulfatgehalt erhöht.

Ein Vergleich der Werte für Calcium und Magnesium (Abb 22), letzteres errechnet, zeigt, daß neben dem Calcium auch das Magnesium wesentlichen Anteil an der Härtebildung hat. Im Oberlauf betrug der Magnesiumgehalt etwa 1/4 der Calciumkonzentration, stieg im Mittellauf auf rund 1/3, um im Unterlauf wieder etwas abzusinken.

Abb. 22 Calcium und Magnesium
Minima, Maxima und Mittelwerte

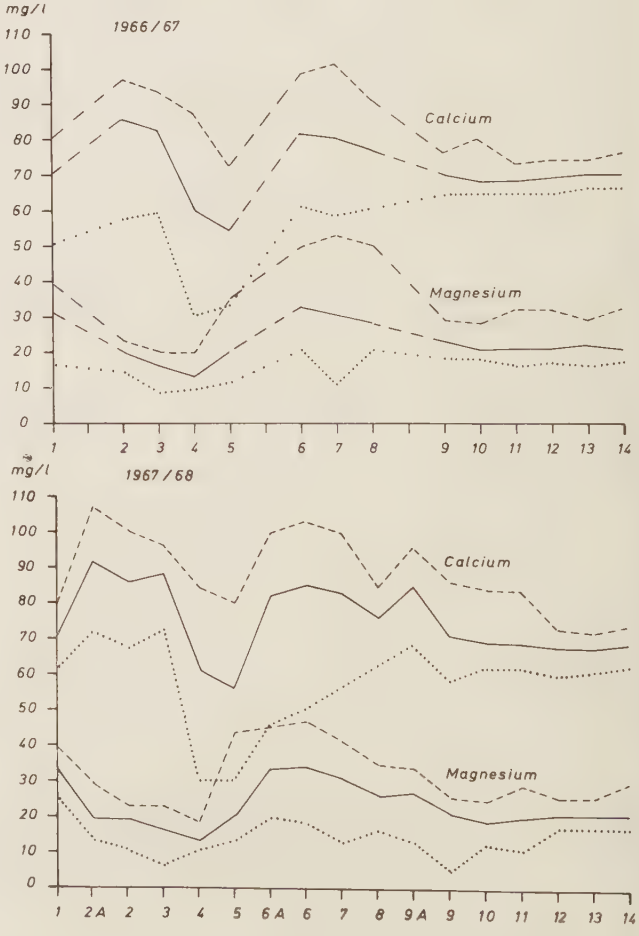


Abb. 23 Isopleten der Gesamthärte (°dH)

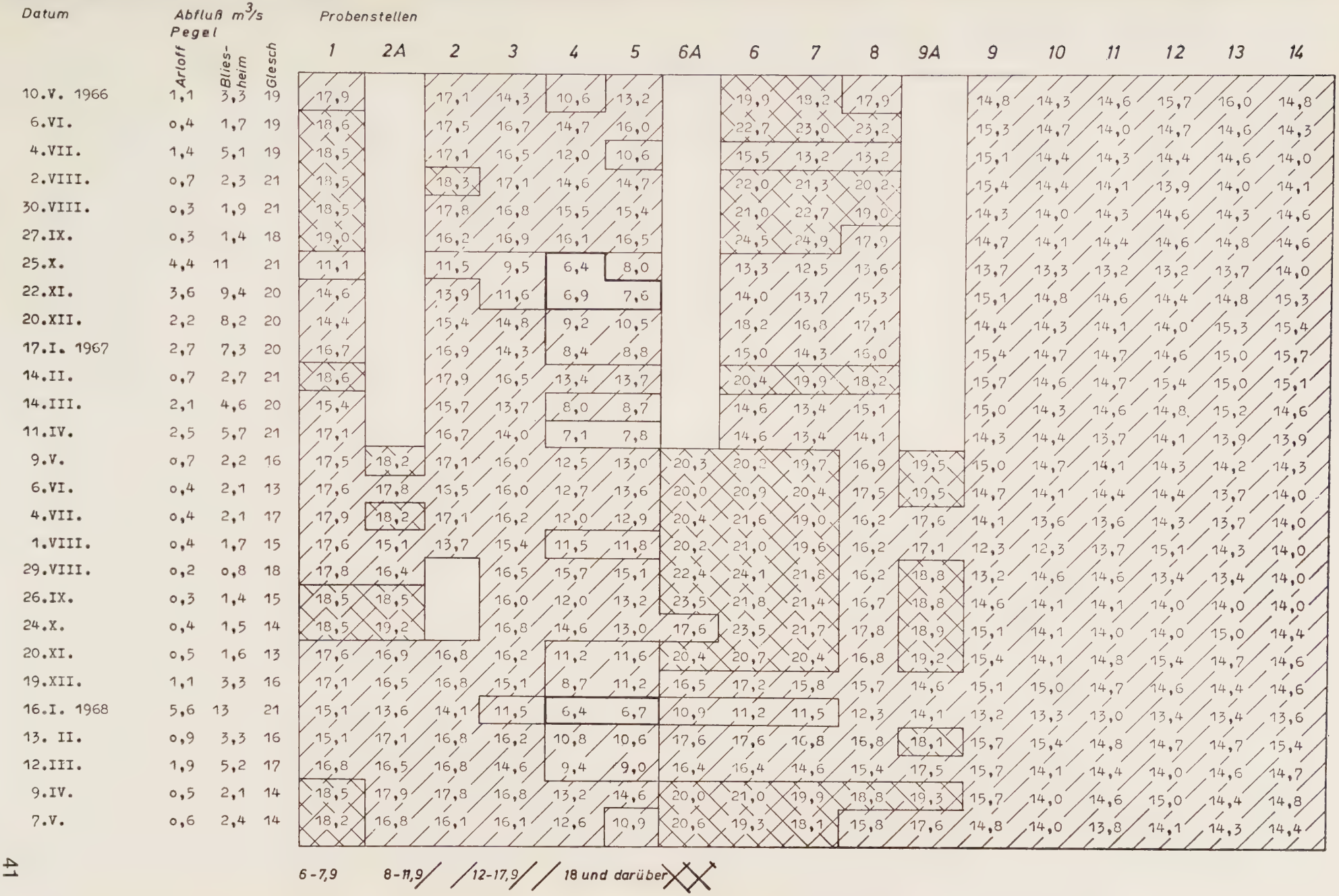


Abb. 24 Isopleten der Karbonathärte (°dH)

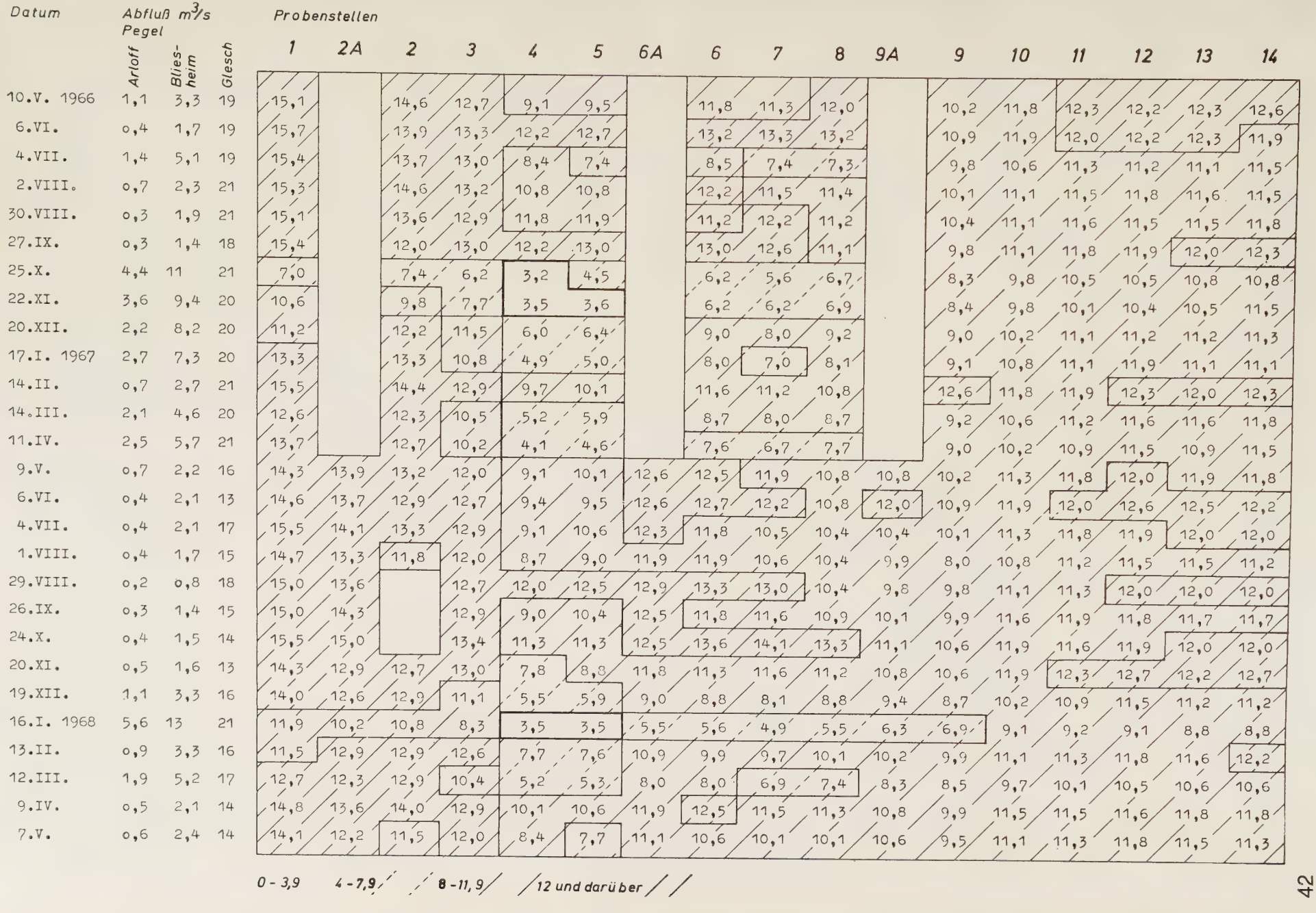
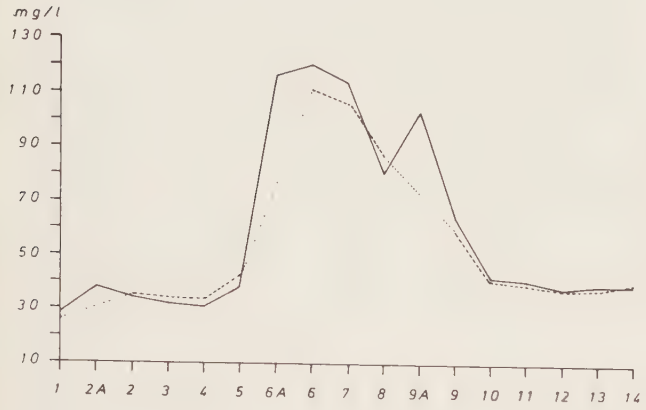


Abb. 25 Sulfat
Mittelwerte 1966/67 - - -, 1967/68 ——



2.8.6. *Alkali-Metalle und Chlorid*

Alkalien sind von Natur aus im Erftwasser nur in geringer Menge zu erwarten. Die Mittelwerte der Probenstellen im Oberlauf waren bis oberhalb Bad Münstereifel sehr gering. Erst unterhalb stiegen die Gehalte an Natrium und Kalium infolge der anthropogenen Einflüsse etwas an und schwankten im Unterlauf um 1 mval/l. Deutlich erhöhte Mengen traten im Mittellauf als Folge von Abwasserstößen in Erscheinung. Um Aufschluß über die Anteile von Natrium- und Kaliumsalzen zu erlangen, wurde eine Probenserie auf die beiden Elemente untersucht. Für die bereitwillige Unterstützung danke ich Herrn Dr. Werner vom Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld. Die Ergebnisse der Messungen sind nachstehend aufgeführt.

Natrium und Kalium in der Erft

Nr. d. Probenstelle	1	2A	2	3	4	5
Na (mg/l)	2	1	2	2	3	6
K (mg/l)	0,5	0,7	1	1	1,5	2

Nr. d. Probenstelle	6A	6	7	8	9A
Na (mg/l)	8	12	18	18	22
K (mg/l)	3,5	3	3,7	4	4,5

Nr. d. Probenstelle	9	10	11	12	13	14
Na (mg/l)	17	19	20	20	17	17
K (mg/l)	3	3	3	3	3	3

Die Minima, Maxima und Mittelwerte der Alkalimengen können aus Abb. 26 entnommen werden.

Deutlicher erweist sich die zunehmende anthropogene Beeinflussung der Erft anhand der Chloridgehalte, vgl. dazu Abb. 27. Einem mäßigen Anstieg im Oberlauf von Probenstelle 1—4 schloß sich ein erheblicher Anstieg bis Probenstelle 7 an. Im zweiten Jahr war bei Probenstelle 8 die Chloridkonzentration im Durchschnitt etwas geringer als bei Probenstelle 7, schnellte dann aber bei Probenstelle 9A (unterhalb des Neffelbaches) weit nach oben. In Paffendorf, der ersten Probenstelle im Unterlauf (Nr. 9), lag das Mittel der Chloridwerte wieder niedriger und blieb mit einem geringen Anstieg zwischen den letzten beiden Probenstellen vor dem Rhein nahezu gleich.

Die geringe Wasserführung der Erft im zweiten Untersuchungsjahr kommt deutlich auch in den höheren Alkali- und Chloridmengen zum Ausdruck. Die Kurven des zweiten Untersuchungsjahres verlaufen, abgesehen von Probenstelle 1, stets über denen von 1966/67.

Abb. 26 Alkalischer Ionenwert
Mittelwerte 1966/67 - - - 1967/68 ——

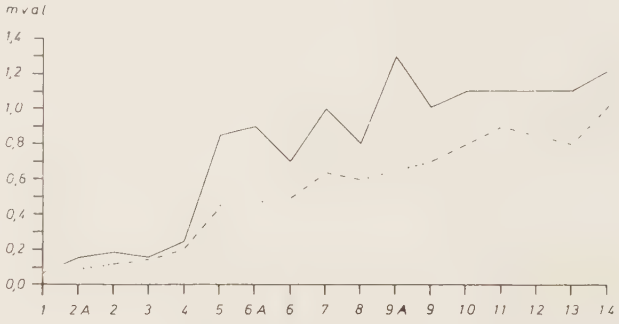
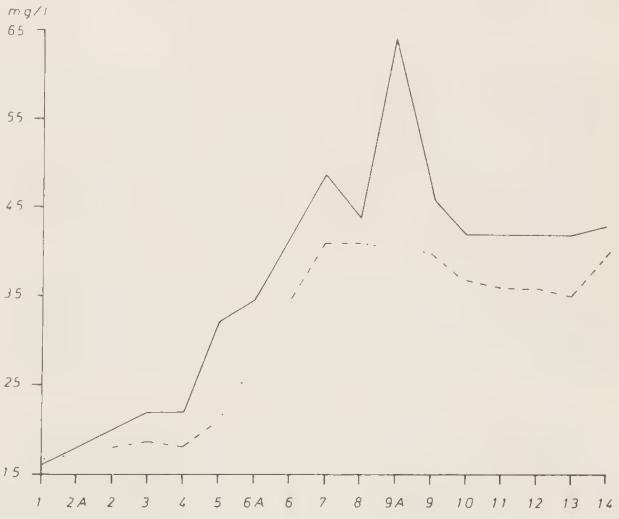


Abb. 27 Chloride
Mittelwerte 1966/67 - - - 1967/68 ——



2.8.7. *Wasserstoffionenkonzentration*

Der Säuregrad ist eng gekoppelt an die Härte und das Pufferungsvermögen des Wassers. Aus diesem Grunde war von vornherein in der Erft leicht alkalische Reaktion des Wassers zu erwarten. Die Ergebnisse der pH-Messungen können dem Isopletendiagramm (Abb. 28, S. 45) entnommen werden.

In der oberen Erft bewegten sich die Werte um pH 8. Nur kurzfristig lagen sie niedriger (bis zu 7,4). Gegenüber dem ersten zeigte sich im zweiten Untersuchungsjahr eine Erhöhung der Durchschnittswerte. Die höheren pH-Werte dürften auf die ebenfalls höhere Wasserhärte zurückzuführen sein. Der absolut höchste Wert wurde mit pH 9,1 unterhalb Schönau an Probenstelle 4 am 9. Mai 1967 gefunden. Die niedrigsten Daten wurden am 14. März 1967 bei leichtem Hochwasser ermittelt.

Zumindest im Oberlauf läßt sich von Probenstelle 2—4 eine gleichsinnige Entwicklung des pH-Wertes in Richtung auf eine Erhöhung feststellen. 1966/67 stiegen die Mittelwerte von 8,16 (Probenstelle 2) auf 8,28 (Probenstelle 3) und 8,27 (Probenstelle 4). 1968 waren die Vergleichszahlen 8,23 — 8,37 — und 8,39. Eine eindeutige jahreszeitliche Periodik läßt sich aus den Daten nicht herauslesen. Sehr stark wird der pH-Wert durch Hochwässer beeinflußt, was besonders deutlich am Hochwasser vom März 1968 zum Ausdruck kommt. Auch bei anderen Hochwässern ist die Erniedrigung des pH-Wertes, allerdings nicht in so starkem Maße, sichtbar. Im Mittellauf wurden die pH-Werte etwas niedriger, zwischen 7,3 und 8,2 schwankend, gefunden. Bei dem Abwasserstoß am 24. 10. 1967 war zwar das pH an Probenstelle 6A unterhalb Euskirchen um mehr als 0,5 erniedrigt, doch wurde ein gleich niedriger Wert auch festgestellt, als keine anomale Belastung vorhanden war. Das allgemein niedrigere pH-Niveau der mittleren Erft ist den in diesem Bereich zufließenden, weniger alkalischen Nebenbächen und den Abwässern zuzuschreiben, eine Jahresperiodik läßt sich nicht feststellen.

Deutlich andere Verhältnisse liegen im Unterlauf vor. Das pH schwankte um 7,5 und lag damit infolge des chemisch andersartigen Sümpfungswassers stets unter dem der oberen und mittleren Erft. Nur an der letzten Probenstelle bei Neuss wurde pH 8 mehrfach erreicht und überschritten. Die niedrigsten Werte bis pH 6,65 wurden im Mai/Juni 1966, und im März 1967 im Unterlauf gefunden, so daß auch hier kein Zusammenhang mit einer jahreszeitlich unterschiedlich starken biogenen Entkalkung — verbunden mit pH-Anstieg — zu verzeichnen ist.

Läßt sich anhand der vorliegenden Daten keine jahreszeitliche Periodik auffinden, so zeigt der Tagesgang ein ganz anderes Bild. Bei den 24-Stunden-Messungen am Pegel Eicherscheid (Abb. 20, S. 38) ist das Absinken der pH-Kurve in den Nachtstunden als Folge der im Dunkeln unterbrochenen Assimilationstätigkeit der Algen deutlich sichtbar. Die über eine Woche geführten Dauermessungen an derselben Stelle mit selbstschreibenden Geräten (Abb. 14, S.31) im August 1968 bestätigen die an einem Tage gemachten Erfahrungen. Im Mittellauf zeigte sich im 24-Stunden-Rhythmus (Abb. 20, S. 38) kaum eine Veränderung des pH-Wertes im Wasser. Messungen mit selbstschreibenden Geräten über mehrere Tage konnten hier nicht ausgeführt werden, weil eine diebstahlsichere Unterbringung der Apparate unmöglich war.

Auch im Unterlauf sind die pH-Schwankungen im 24-Stundengang (Abb. 20) so gering, daß daraus nur wieder der stabile Charakter des Chemismusses der unteren Erft gefolgert werden kann. Bei den Langzeitmessungen (Abb. 14, S. 31) in der unteren Erft waren an den ersten beiden Tagen geringe Schwankungen vorhanden, danach blieb die pH-Kurve 5 Tage lang eine Gerade auf dem 6,6 pH-Niveau.

2.8.8. *Gesamtleitfähigkeit*

Die Leitfähigkeit des Erftwassers ist in der Hauptsache durch die Härtebildner, Karbonate und Sulfate von Calcium und Magnesium bedingt. Da im Oberlauf Chloride und Sulfate in nur geringen Mengen vorkommen, ist die Differenz zwischen der Gesamtleitfähigkeit und der Karbonatleitfähigkeit — ausgedrückt in µS (Umrechnung nach RUTTNER 1962 S. 74) — nur gering und liegt zwischen 28 und 96 µS an der obersten Probenstelle. Unter dem Einfluß der Abwassereinleitungen steigt die Differenz im Mittellauf ganz erheblich an. Bei Probenstelle 6A, unterhalb Euskirchen, beträgt die Differenz 205 bis maximal 443 µS.

Auch anhand der Leitfähigkeit (Abb. 29, S. 46) lassen sich die drei Abschnitte Ober-, Mittel- und Unterlauf deutlich voneinander trennen. Während im Oberlauf an den Probenstellen 1—3 die Werte zwischen 294 und 520 µS schwankten, sind die der beiden Probenstellen im unteren Oberlauf (Nr. 4 und 5) etwas niedriger gewesen und betrugen zwischen 220 und 510 µS. Im Mittellauf (Probenstellen 6A bis 9A), reichte die Schwankung von 369 bis zu 817 µS. Im Unterlauf lagen die Werte wesentlich enger beieinander und bewegten sich nur zwischen 430 und 559 µS.

Die niedrigsten Werte im Oberlauf wurden bei Hochwasser gleichzeitig mit erniedrigter Wasserhärte gefunden. Auch im Mittellauf wirkten sich die Hochwässer verdünnend aus, z. B. am 16. 1. 1968 nur 369 µS gegenüber 552 µS, vier Wochen vorher und 586 µS vier Wochen später.

Abb. 28 Isopleten der Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert)

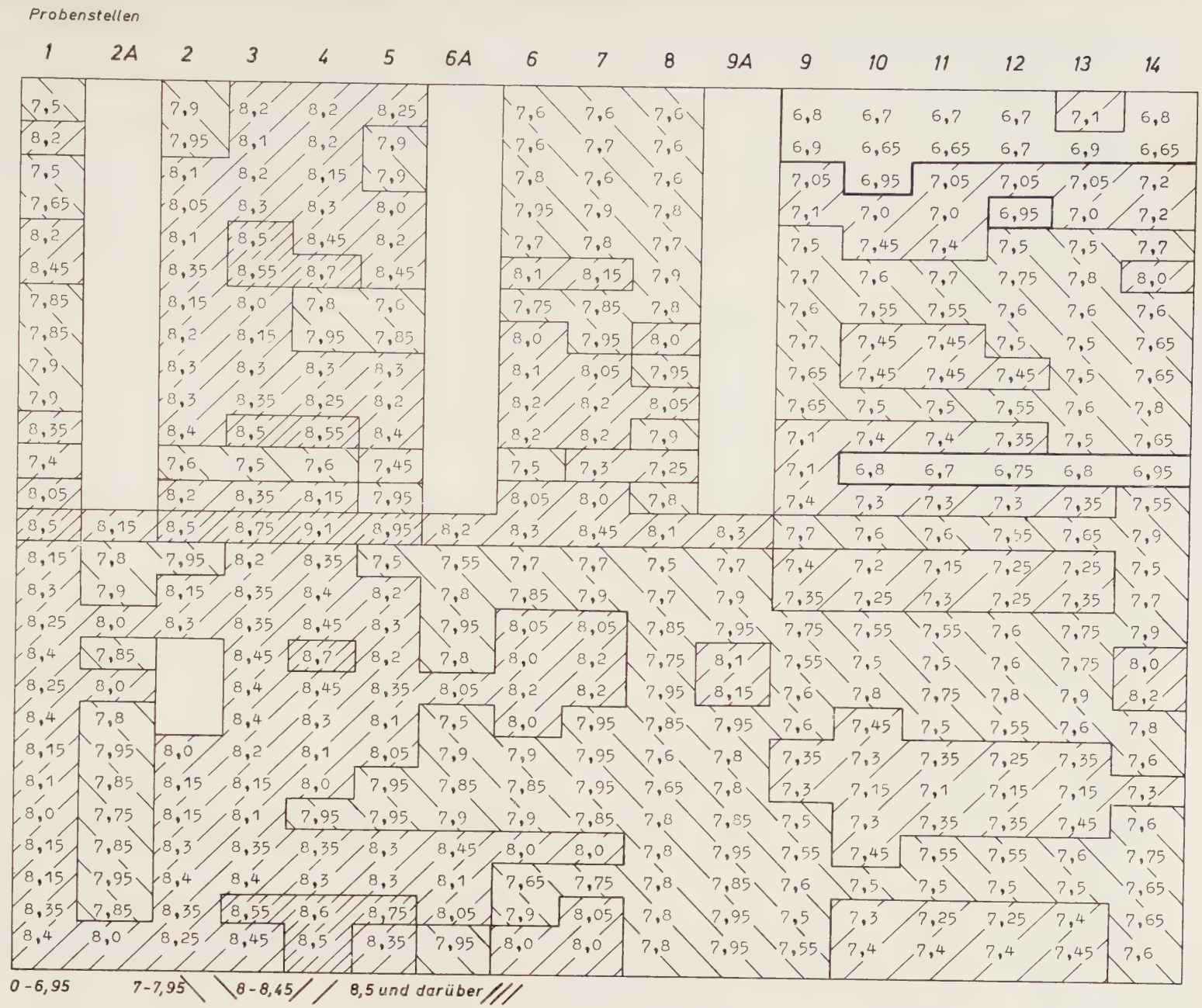
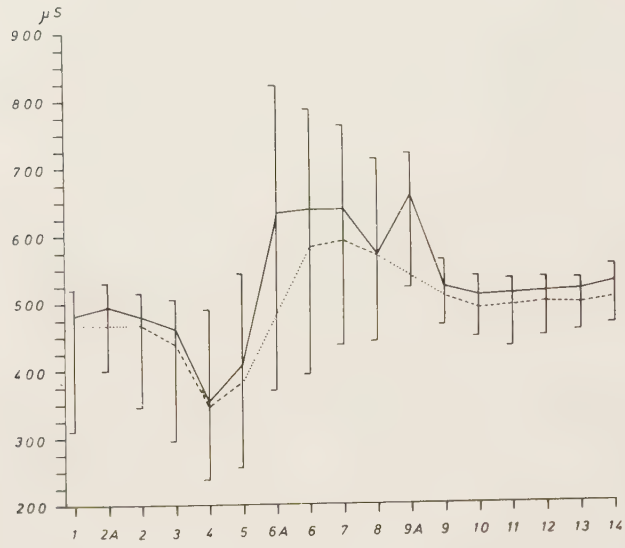


Abb. 29 Gesamtleitfähigkeit
Mittelwerte 1966/67 - - - 1967/68 —
Senkrechte Linien: Amplitude der Einzelwerte



2.8.9. *Eisen und Mangan*

Eisen und Mangan, die in Spuren lebensnotwendig sind, können in hohen Konzentrationen nachteilig für die Lebewesen werden. Die in die untere Erft eingeleiteten Sümpfungswässer sind sehr eisenhaltig, was an umfangreichen Eisenockerablagerungen in offenen Kanälen mit Sümpfungswasser im Untersuchungsgebiet beobachtet werden kann. Deshalb wurden auch die beiden Elemente Eisen und Mangan quantitativ bestimmt, (vergl. Abb. 30 und 31, S. 46).

Eisen ist im Oberlauf nur in geringer Menge vorhanden. In Abhängigkeit von der Wasserführung schwankten zwar die Konzentrationen ziemlich stark,die Mittelwerte waren jedoch recht niedrig und bewegten sich dicht um 0,4 mg/l. Mehr als doppelt so hoch — zwischen 0,82 und 1,6 mg/l — sind die Schwankungen in der mittleren Erft gewesen. Im Unterlauf waren wegen der Sümpfungswässer größere Mengen zu erwarten. Die Hauptmenge des Eisens der Sümpfungswässer wird offenbar schon in den Zuleitungen sedimentiert, jedenfalls lagen die Mittelwerte des zweiten Untersuchungsjahres mit seinem ausgeglichenen Abfluß im Unterlauf zwischen 1,5 und 1,95 mg/l. Die höchsten Mittelwerte wurden bei den Probenstellen 9 und 10 gefunden. Ganz überwiegend lag das Eisen als suspendiertes Eisenoxidhydrat vor, das durch Filtration festgehalten wird. Abgesehen von dem Fehler, der infolge Oxydation von Fe^{II} zu Fe^{III} während der Filtration auftritt, dürfte das größenordnungsmäßige Verhältnis zwischen der Gesamteisenbestimmung im unfiltrierten und im filtrierten Wasser ein Hinweis auf das tatsächlich gelöste Eisen sein. Während das Verhältnis — unfiltriert und filtriert — im Oberlauf und Mittellauf ganz überwiegend 5:1 bis 7:1 betrug, lag es im Unterlauf bei höchstens 5:1 bis weniger als 4:1. Auch auf die biologischen Verhältnisse wirkte sich der relativ hohe Eisengehalt im Unterlauf aus. Besonders an den Probenstellen Paffendorf und Kaster (Probenstellen 9 und 10) war die Besiedlung auf den Objektträgern durch zunächst abgelagerten Eisenocker oft erheblich behindert. Manchmal stellte sich an solchen Stellen erst dann ein Bewuchs ein, wenn sich mineralischer Detritus über dem Ocker festgesetzt hatte. Darauf kamen fast nur Kieselalgen zur Entwicklung.

Die Mangangehalte (vergl. dazu Abb. 31) im nicht bzw. kaum belasteten Oberlauf lagen im Mittel bei 0,1 mg/l. Unter dem Einfluß der Abwässer aus dem Euskirchener Raum erfolgte ein Anstieg auf etwa 2 mg/l. Die weiteren Zuläufe und auch die Sümpfungswässer enthalten wesentlich geringere Manganmengen, so daß eine gleichmäßige Abnahme der mittleren Mangankonzentration auf rund 0,35 mg/l bei Kaster eintrat. Auf diesem Niveau verblieb die Konzentration bis zur Mündung in den Rhein.

Abb. 30 Gesamteisen, Mittelwerte
filtriert 1966/67 ···· 1967/68 - · - · - ·
unfiltriert 1966/67 - - - 1967/68 ———

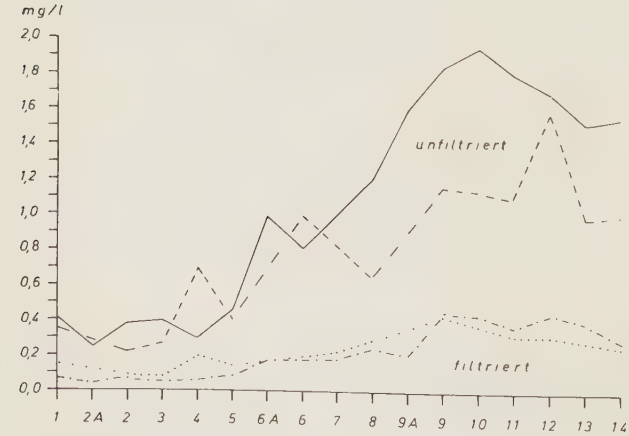
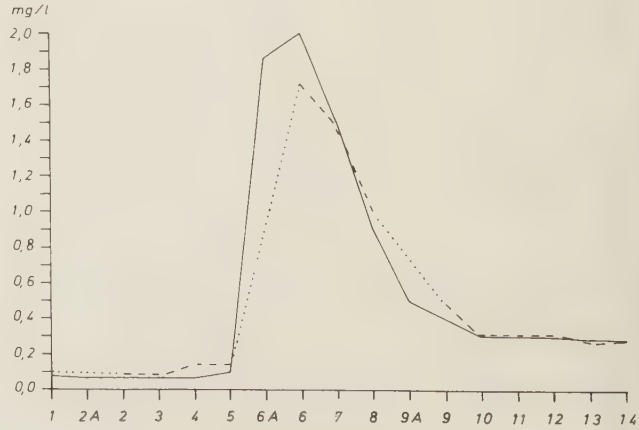


Abb. 31 Mangan
Mittelwerte 1966/67 - - - 1967/68 ———



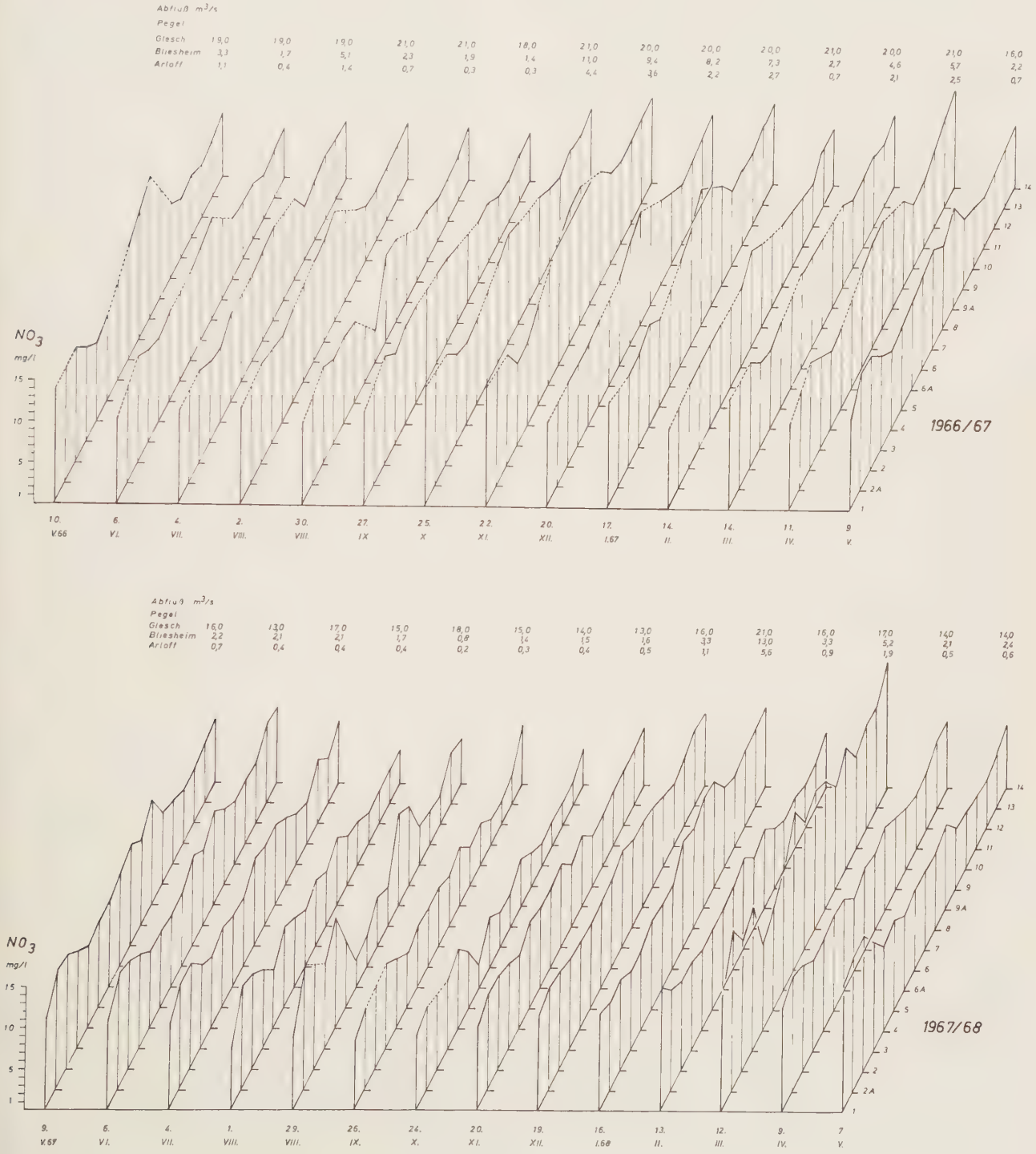
2.8.10. *Stickstoffverbindungen (Nitrat, Nitrit und Ammonium)*

Von den im Flußwasser vorkommenden Stickstoffverbindungen wurden Nitrat und Ammonium bestimmt. Die Ergebnisse sind in den Abb. 32 (NO_3) und Abb. 33 (NH_4) dargestellt. Nach den Gesamtverhältnissen der Erft zu urteilen, sind nur sehr geringe Nitritwerte zu erwarten. Das wird durch einige Analysen bestätigt, die freundlicherweise vom Großen Erftverband Bergheim mitgeteilt wurden.

Die Nitratgehalte (Abb. 32) im Oberlauf lagen im Mittel zwischen 10 und 14 mg/l, die absoluten Zahlen schwankten zwischen 8,0 und 19,8 mg NO_3/l. Diese Mengen sind durchaus normal und kein Indiz für Verunreinigung im Oberlauf.

Im Mittellauf schwankten die Mittelwerte zwischen 9,2 und12,5 mg NO_3/l, waren also trotz der Abwasserbelastung niedriger als im Oberlauf. Die Mittelwerte ergeben jedoch ein schiefes Bild, denn die absoluten Mengen schwankten zwischen 2,9 und 21,5 mg/l. Die

Abb. 32 Nitrat-Gehalt im Jahresgang entlang der Erft (Probenstellen 1 - 14)

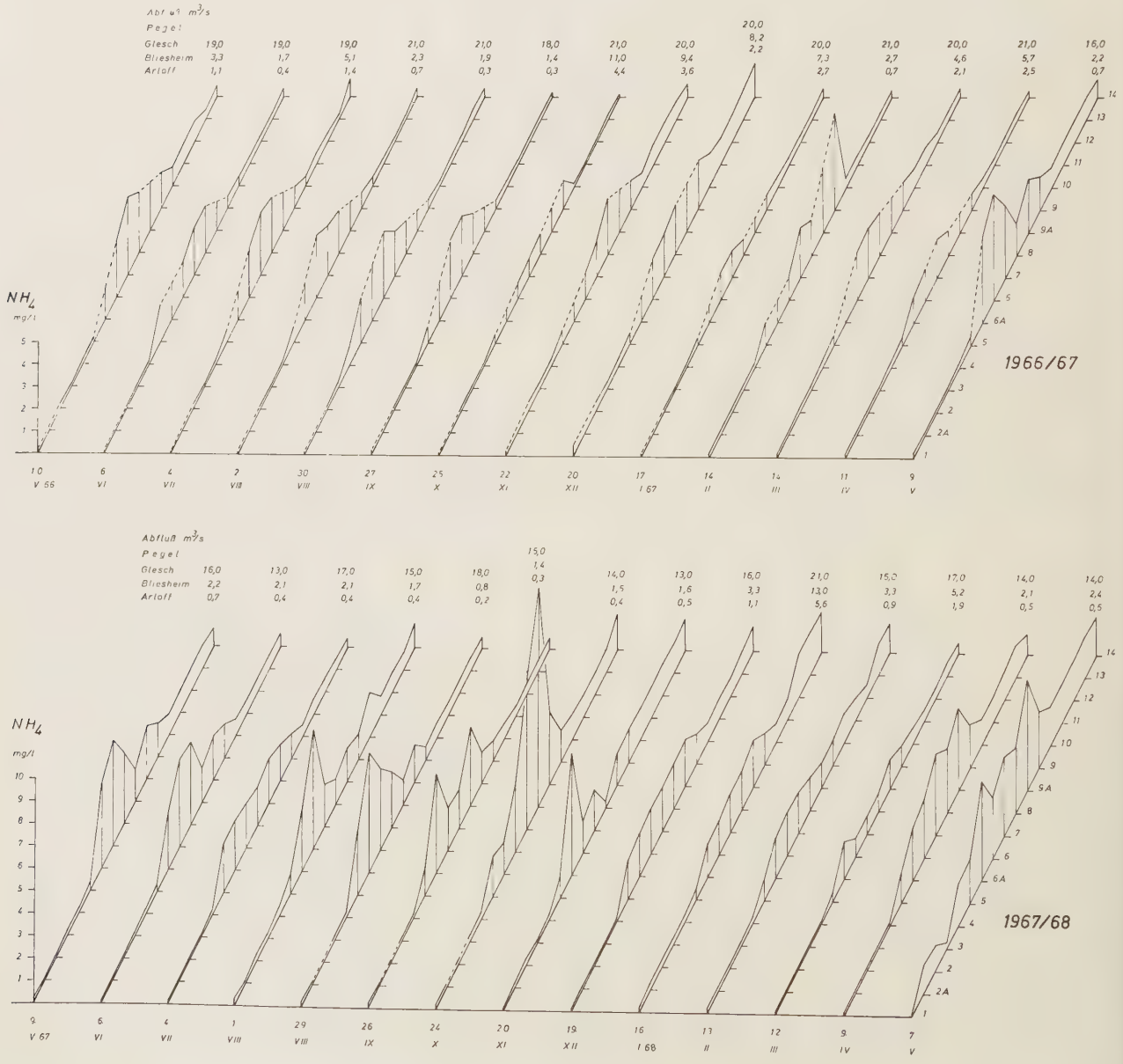


an einigen Tagen sehr niedrigen Nitratgehalte fielen zusammen mit hohen NH_4^+-Werten und sehr niedrigem Sauerstoffgehalt, so daß in diesen Fällen mit Sicherheit angenommen werden kann, daß zu der fraglichen Zeit ein großer Teil des Stickstoffes in Form von Nitrit bzw. Ammonium vorgelegen hat.

Die Mittelwerte der Nitratgehalte des Erftunterlaufes erreichten 6,2 mg/l und stiegen maximal auf 9,4 mg/l bei Paffendorf (Probenstelle 9), wo die Erft noch nicht soviel Sümpfungswasser führt wie an den talwärts liegenden Probenstellen. Absolut reicht die Amplitude der gemessenen Nitratgehalte von 2,7 bis 15,8 mg/l NO_3. Die im Vergleich zum Oberlauf deutlich niedrigeren Mittelwerte sind bedingt durch das nitratarme Sümpfungswasser. Beim Vergleich der beiden Untersuchungsjahre ist zu erkennen, daß im zweiten Jahr mit geringerem Abfluß die Mittelwerte etwas niedriger als im ersten lagen. Wie die Ergebnisse der Probenstelle 1 und anderer im Oberlauf zeigen, erfolgt die Nitratversorgung der Erft in erster Linie durch Auswaschung aus den Böden, wodurch die genannten Unterschiede erklärlich werden.

Bezüglich der an anderen Gewässern beobachteten jahreszeitlichen Periodizität des Nitratgehaltes (BACKHAUS und SANDER 1967, BLUM 1957, BOMBOWNA 1960) läßt sich im Oberlauf keine eindeutige Feststellung treffen. Wohl lagen generell die Sommerwerte niedriger als die des Winters, doch wird das Bild infolge verstärkter Nitratauswaschung aus den Böden bei Hochwasser sehr verzerrt. Etwas klarer sind die Verhältnisse im Unterlauf, wo in beiden Untersuchungsjahren von Juli bis Oktober deutlich geringere Nitratmengen als in der übrigen Zeit festgestellt wurden. Insgesamt sind die Werte innerhalb kurzer Zeit so starken Schwankungen ausgesetzt, daß - wie schon an anderer Stelle betont - der Aussagewert einer oder

Abb. 33 Ammonium-Gehalt im Jahresgang entlang der Erft (Probenstellen 1 - 14)



weniger Analysen recht gering ist. Anhand der 24-Stunden-Messungen mit stündlicher Probenentnahme läßt sich am besten zeigen, wie rasch bei gleicher Wasserführung die Werte schwanken können, ohne daß eine tagesperiodische Veränderung erkennbar wäre. Beim Pegel Eicherscheid im Oberlauf wurden am 30. Mai zwischen 14.00 und 17.00 Uhr folgende NO_3-Werte gemessen: 11,59 - 13,87 - 10,52 - 9,15 mg/l. Nur im Unterlauf war ein gleichmäßig ruhiger Kurvenverlauf während der 24-stündigen Messungen vorhanden (vgl. dazu Abb. 34, S. 50).

Ammonium ist die zweite Stickstoffkomponente, die regelmäßig bestimmt wurde (Abb. 33). Die Verschmutzungszonen der Erft sind anhand der mittleren Ammoniumkonzentrationen gut zu erkennen. Im Oberlauf waren zwar nur geringe Mengen vorhanden, es fehlte jedoch nie. Von Probenstelle 1-4 schwankte der Mittelwert von 0,15 bis 0,26 mg/l. Die geringste Schwankung der Einzelwerte wurde an der obersten Probenstelle zwischen 0,07 und 0,29 mg/l gefunden. Bei den Probenstellen 2A, 2 und 4 traten kurzfristig Mengen über 1 mg/l auf, bei Probenstelle 4 — unterhalb des Ortes Schönau — sogar 1,9 mg/l. Bei Iversheim, unterhalb Bad Münstereifel, schwankten die Werte in viel größerem Umfang, zwischen 0,17 und 3,05 mg/l. Wie schwierig die Interpretation einzelner Daten ist, geht aus der Tatsache hervor, daß der Mittelwert des ersten Untersuchungsjahres 0,72 mg/l, der des zweiten aber 1,33 mg/l beträgt.

Unterhalb des Euskirchener Raumes, an Probenstelle 6A, wurden mit Werten von 1,18 bis zu 14,22 mg/l bei einem Mittelwert von 3,77 mg/l die größten Ammoniummengen in der Erft gefunden. Das Maximum trat bei einem Abwasserstoß auf, der zweithöchste Wert waren 6,26 mg/l. An den übrigen Probenstellen des Mittellaufes wurden derart hohe Konzentrationen nicht gefunden. Bei Mittelwerten zwischen 1,9 und 2,6 mg/l NH_4^+ lag die Schwankung der Einzelwerte zwischen 0,3 und 9,7 mg/l.

Der Erftunterlauf ist insgesamt ärmer an Ammonium. Die Schwankung der gefundenen Mengen bewegte sich zwischen 0,1 und 4,3 mg/l. Die Probenstelle 9 bei Paffendorf nimmt eine mittlere Stellung zwischen den oberhalb liegenden Probenstellen des Mittellaufes und den unterliegenden mit überwiegend Sümpfungswasser ein. Hier wurden 0,3—4,3 mg/l NH_4^+ bei Jahresmittelwerten von 1,0 mg/l 1966/67 und 1,4 mg/l 1967/68 gefunden. Zwischen Kaster und Neuss (Nr. 10—14) sind Ammoniummengen von 0,1—1,52 mg/l im ersten Untersuchungsjahr und 0,08—2,0 mg/l Ammonium im zweiten Untersuchungsjahr gemessen worden. Auffällig ist, daß die Mittelwerte der beiden Jahre erheblich voneinander abweichen. Lagen sie 1966/67 zwischen 0,47 und 0,5 mg/l, so wurden 1967/68 0,95—1,1 mg/l NH_4^+ gefunden. Dies dürfte mit der geringeren Wasserführung im Unterlauf und der damit verbundenen schwächeren Verdünnung durch Sümpfungswasser zusammenhängen.

2.8.11. *Phosphat*

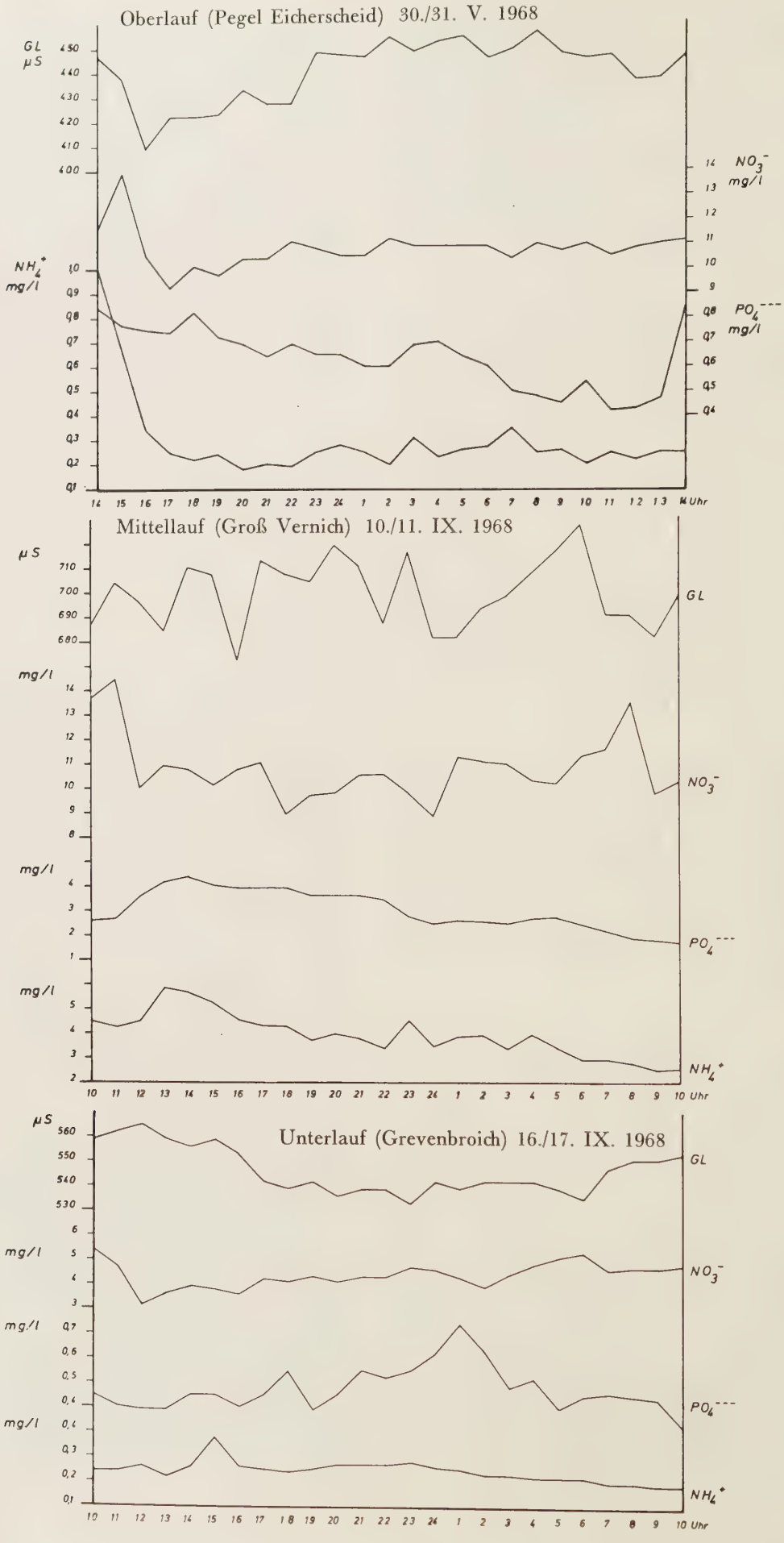
Als wichtigstem Faktor in Bezug auf die Trophie der Gewässer kommt dem Phosphatgehalt der Erft besondere Beachtung zu. Bei einer kritischen Auswertung der als Tageskurven für die 4-Wochen-Intervalle (Abb. 35, S. 51) dargestellten Meßergebnisse des gelösten Orthophosphates zeigt sich erneut, wie gering die Aussagekraft weniger Analysen ist. Hinzu kommen die Schwierigkeiten, die sich aus einer kritischen Beurteilung der Analysenmethode ergeben (VOGLER 1965). Bei Probenstelle 1, oberhalb aller Ortslagen, allerdings in landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet, schwankten die Phosphatmengen zwischen 0,0 und 3,35 mg/l. Der einmalig hohe Wert wurde am 28. 2. 1967 nach Durchgang einer Hochwasserspitze gemessen. Deutlicher noch wird die Phosphatanreicherung des Bachwassers infolge Bodenauswaschung bei dem Hochwasser des 25. 10. 1966. Hier handelt es sich um eine Messung, die beim höchsten Stand eines seit zwei Tagen auflaufenden Hochwassers gemacht wurde. Die folgende Aufstellung zeigt Abfluß und PO_4-Gehalt für diesen sowie die davor und danach liegenden Probenentnahmetage:

Datum	PO_4 mg/l	Pegel Eicherscheid m^3/s
11. 10. 1966	0,066	0,19
25. 10. 1966	1,822	2,35
8. 11. 1966	0,000	0,28

Ein diesem Beispiel sehr gut entsprechendes ist das Hochwasser des 16. 1. 1968. An dem Tage wurden an den Probenstellen 1—4 sehr hohe Werte für PO_4 registriert. Die Bedeutung der Bodenauswaschung für den Anstieg der Phosphatkonzentrationen ist schon mehrfach belegt worden (MÄDLER 1961, OHLE 1953, SPRENGER 1968, VOLLENWEIDER 1968, HYNES 1969). Obgleich infolge der Einflüsse der Landwirtschaft die Verhältnisse im Oberlauf der Erft nicht so schön klar sind, wie sie BACKHAUS und SANDER (1967) an der Breg angetroffen haben, läßt sich doch generell die dort erfolgte Feststellung bestätigen: Erhöhung des Phosphatgehaltes im Bachwasser infolge Bodenauswaschung bei Hochwässern, aber Erniedrigung des Phosphatgehaltes bei Schmelzwässern. Die nur leichte Erniedrigung des Gehaltes an Phosphat durch Verdünnung bei der Schneeschmelze dürfte im Erftgebiet mit der verhältnismäßig geringmächtigen Schneedecke zu erklären sein.

Bedingt durch die Abwässer von Bad Münstereifel und der übrigen Einleiter dieses Gebietes, war der Phosphatpegel in Iversheim (Nr. 5) erheblich erhöht, was sich fast immer als Knick im Kurvenverlauf der PO_4-Werte in Abb. 35 äußert. Die Jahresmittelwerte für Probenstelle 5 betrugen 1966/67 1,4 mg/l, und 1967/68 2,06 mg/l. Im Vergleich dazu betrugen die der oberhalb liegenden Probenstelle 4 0,52 und 0,42 mg/l. Hier ist der etwas niedrigere Wert für 1967/68 auf den geringeren Abfluß, also die schwächere Bodenauswaschung zurückzuführen. Ganz anders sind die Verhältnisse bei der verschmutzten Probenstelle 5 unterhalb von Bad Münstreifel sowie an den Probenstellen des Mittellaufes. Hier lag der allgemeine, abwasserbedingte Phosphatgehalt des Wassers so hoch, daß sich die Hochwässer, die im Ober-

Abb. 34 NO_3^-, NH_4^+, PO_4^{---} und GL bei den 24-Stunden-Messungen



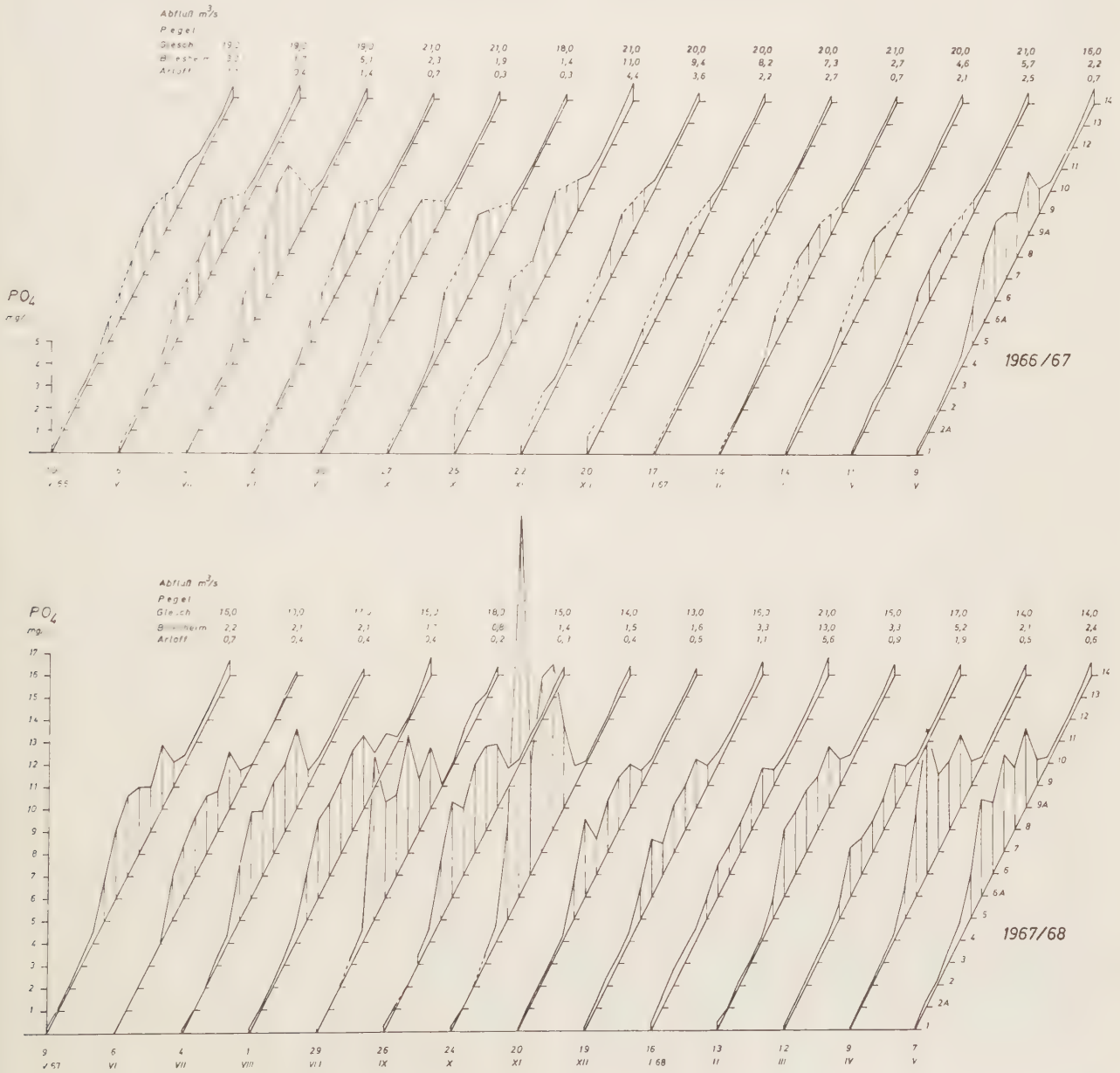
lauf eine Erhöhung des Phosphatgehaltes im Wasser verursachten, gegensätzlich auswirkten und regelmäßig eine Erniedrigung des PO_4-Wertes mit sich brachten. BACKHAUS und SANDER (1967) berichten die gleiche Erscheinung von der abwasserbelasteten Brigach. Nur einmal, am 25. 10. 1966, brachte das starke Hochwasser so viel Phosphat mit sich, daß bis Probenstelle 6 eine Erhöhung des PO_4-Wertes festzustellen war.

Die höchsten PO_4-Gehalte wurden bei Probenstelle 6A, unterhalb der Einmündung des stark verschmutzten Kuchenheimer Mühlengrabens mit einem Spitzenwert von 17,2 mg/l gefunden. Obgleich bis zur nächsten Probenstelle (Nr. 6) nach etwa 6 km Fließstrecke weitere Einleitungen von Abwasser (Kläranlage Groß Vernich) erfolgten, sind die Phosphatwerte hier in der Regel deutlich niedriger gewesen, was nur auf die Selbstreinigung des Gewässers zurückgeführt werden kann. Dabei läßt sich natürlich aufgrund der vorliegenden Daten nicht entscheiden, welchen Anteil Adsorption und Sedimentation, sowie Festlegung von Phosphat durch Inkorporation in Pflanzen haben.

Über die jahreszeitliche Periodizität des Phosphatgehaltes läßt sich wegen der Überlagerung des Verdünnungseffektes der Hochwässer nur eine grobe Aussage machen.

Im zweiten Untersuchungsjahr mit gleichmäßigem, geringem Abfluß findet sich eine Häufung höherer Phosphatkonzentrationen an der Probenstelle 1 im Oberlauf von Juli bis September. An den übrigen Probenstellen des nicht oder kaum verschmutzten Oberlaufes läßt sich die für die oberste Probenstelle gemachte Feststellung bestätigen. In der mittleren Erft wurden in der Zeit von November bis März allgemein

Abb. 35 Gelöstes Orthophosphat-Gehalt im Jahresgang entlang der Erft (Probenstellen 1 - 14)



die niedrigsten Phosphatmengen festgestellt. Im Unterlauf lagen die Werte im allgemeinen ziemlich dicht beieinander.

Von ganz kurzfristigen Minima im Ober- und Unterlauf abgesehen, sind in der Erft ganzjährig so große Mengen an gelöstem Orthophosphat vorhanden, daß dieser Stoff keinesfalls die Algenproduktion beschränken kann. Der Phosphattagesgang wurde bei den 24-Stunden-Messungen untersucht. Aus den Kurven (Abb. 34, S. 50) geht hervor, daß die PO_4-Konzentration des Wassers erheblichen Schwankungen von Stunde zu Stunde unterworfen ist. Im Oberlauf waren die Werte am Vormittag von 7.00 bis 13.00 Uhr (mit kurzem Anstieg um 10.00 Uhr) verhältnismäßig niedrig. Zwischen 14.00 und 19.00 Uhr waren die Höchstwerte zu verzeichnen, aber auch in der Nacht von 2.00-4.00 Uhr gab es einen Anstieg. Insgesamt gesehen ist der unruhige Kurvenverlauf des einen Tages nicht geeignet, weitergehende Überlegungen bezüglich einer Tagesperiodik in der oberen Erft anzustellen.

Im Mittellauf bewegte sich das Phosphatniveau zwischen 2 und 5 mg/l. Von 12.00 bis 22.00 Uhr lagen die Werte nahezu gleichmäßig hoch und blieben ab 23.00 Uhr auf niedrigem Niveau.

Im Unterlauf verlief die PO_4-Kurve sehr unruhig. Um 1.00 Uhr nachts wurde der Höchstwert gemessen.

2.8.12. *Biochemischer Sauerstoffbedarf*

Der biochemische Sauerstoffbedarf in 5 Tagen (BSB_5) wird als Maß für die Menge oxydierbarer Substanzen und somit als Verschmutzungsindikator zur Beurteilung des Gewässerzustandes üblicherweise herangezogen. Auf die umfangreiche Literatur über die Problematik des BSB_5 soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Schon WEIMANN (1952) hat sehr eingehend über die Schwierigkeiten der Beurteilung eines Gewässers nach dem BSB_5 berichtet, auch KLEIN (1959) hat dem Problem ein längeres Kapitel gewidmet.

Auf den Abb. 36 a-f S. 53-58 sind die ermittelten Werte und die dazugehörigen Abflüsse eingetragen. Wie die meisten chemischen, streuen auch die BSB_5-Werte sehr stark. Vor allem fielen einzelne Hochwässer mit ihrer großen Fracht an Bodenpartikeln völlig aus dem Rahmen. So wurde z. B. im Oberlauf an Probenstelle 2 (mittlerer BSB_5 1966/67 4,1 mg/l, 1967/68 3,4 mg/l) beim Hochwasser des 28. 2. 1967 20 mg/l BSB_5 gefunden. Da die Einschwemmung von Humusstoffen bei Niederschlägen sofort eine Erhöhung des BSB_5 nach sich zieht, läßt sich für den Erftoberlauf sagen, daß der BSB_5 im Jahresverlauf allgemein niedrig liegt und bei Hochwässern ansteigt. Im Winter liegen in der Regel höhere Wasserstände vor, und zu dieser Zeit wird meist ein höherer BSB_5 gefunden. Der theoretisch zu erwartende höhere BSB_5 im Winter als Folge des verringerten Tempos der biochemischen Umsetzungen ist nicht eindeutig nachweisbar. Er dürfte überdeckt werden durch die im Winter sehr schwache Primärproduktion, die entsprechend geringere Mengen organischer Substanz liefert. Hauptsächlich aber sind es die Wasserstände, denen der BSB_5 im Oberlauf der Erft folgt.

Im abwasserbelasteten Erftabschnitt, ab Probenstelle 5 unterhalb Bad Münstereifel, ist der Jahresgang des BSB_5 weiterhin durch Abwässerstöße modifiziert, so daß eine ganz erhebliche Amplitude von Schwankungen resultiert. Unter dem ausgleichenden Einfluß der sauberen, zehrungsarmen Sümpfungswässer blieben die Schwankungen im Unterlauf recht gering. Eine jahreszeitliche Periodik läßt sich auch hier nicht nachweisen.

Im Gegensatz zu den Einzelwerten ergibt der Verlauf der Mittelwerte für die beiden Untersuchungsjahre ein wesentlich klareres Bild. In Abb 37, S. 59, sind sie entlang der Erft als Kurven eingetragen. Die bei jeder Probenstelle gezeichnete Säule gibt die Amplitude der Schwankungen während der gesamten Untersuchungszeit an. Die Amplitude wäre an den meisten Probenstellen wesentlich geringer, wenn der nur einmal erreichte, und vor allem ganz erheblich über allen anderen liegende Spitzenwerte weggelassen würde. Aber auch diese kurzfristigen Schwankungen gehören zur Charakteristik des Verlaufs der BSB_5-Kurve im Jahresgang. Während bei vielen chemischen Parametern die Mittelwerte der beiden Untersuchungsjahre erheblich voneinander abweichen, z. B. PO_4 und NH_4, lagen die BSB_5-Kurven für das erste und zweite Untersuchungsjahr sehr dicht beieinander. Damit wird deutlich, daß trotz aller Schwankungen der Einzelergebnisse der über einen langen Zeitraum gemittelte BSB_5 für die Feststellung von Veränderungen des Belastungszustandes eines Gewässers gut zu gebrauchen ist, denn wie die biologischen Untersuchungen gezeigt haben, hat sich der Zustand der Erft während der Untersuchungen nicht geändert. Ob jedoch die Verringerung des mittleren BSB_5 eine Folge weiter fortgeschrittener Selbstreinigung, oder zunehmender toxischer Beeinträchtigung ist, wäre im Einzelfall besonders zu untersuchen; in der Erft kann Intoxikation ausgeschlossen werden.

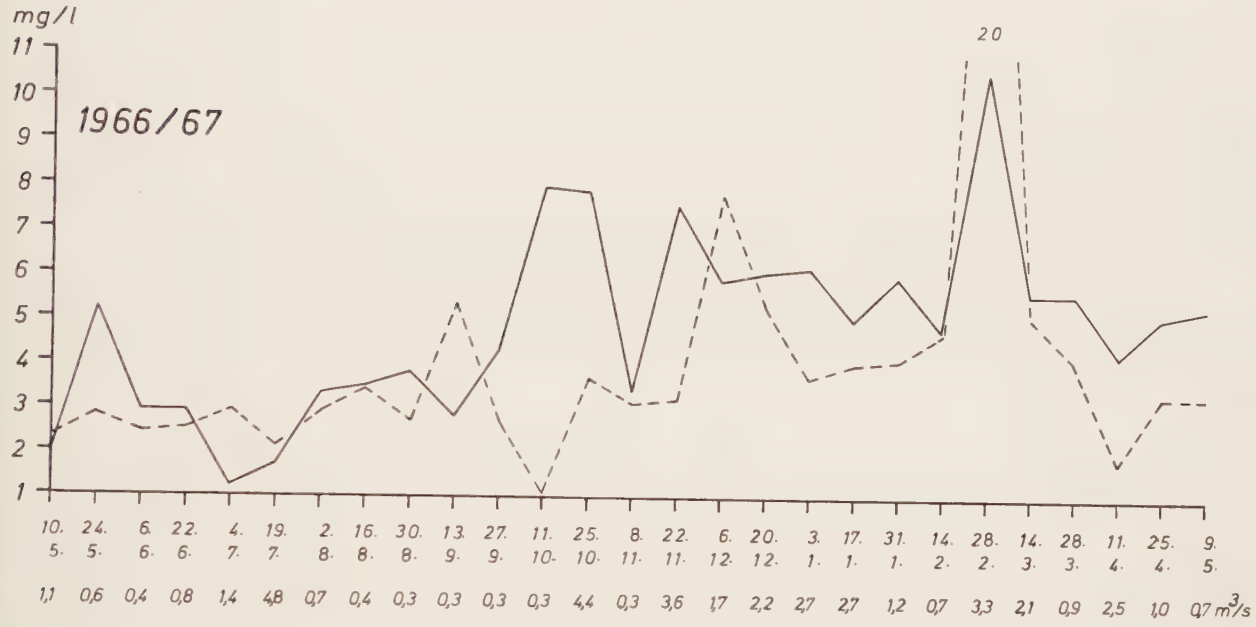
Nach dem mittleren BSB_5 ergibt sich für die Erft folgende Gliederung:

	Nr. der Probenstelle	Mittlerer BSB_5 mg/l
1. Sauberer Oberlauf	1-4	3,4— 5,3 mg/l
2. verschmutzter Oberlauf	5	10,0—10,8 mg/l
3. sehr stark verschmutzter Mittellauf	6A-6	24,4—42 mg/l
4. stark verschmutzter Mittellauf	7-9A	9,8—14,6 mg/l
5. stark verschmutzter Unterlauf	9	5,3— 6,0 mg/l
6. mäßig verschmutzter Unterlauf	10-14	2,3— 3,4 mg/l

Nach KLOTTER und HANTGE (1966) ist es möglich, eine Korrelation zwischen mittlerem BSB_5 und biologischem Zustand eines Vorfluters zu finden. Nachstehend soll die Erft entsprechend dem Vorschlag von KLOTTER und HANTGE eingestuft werden, wobei dieses Ergebnis mit denen von Frühjahrsuntersuchungen zur biologischen Beurteilung des Zustandes der Erft verglichen werden soll. Die letzteren Untersuchungen wurden von Herrn Dr. H. V. Herbst im Auftrage des Großen Erftverbandes ausgeführt.

Für die Einstufung der Probenstellen an der Erft wurden Mikro- und Makroorganismen herangezogen. Im Gegensatz dazu ist der biologische Zustandswert von KLOTTER und HANTGE nur nach Makroorganismen berechnet. Die Einstufungen der Probenstellen nach dem mittleren BSB_5 und dem biologischen Zustandsbild sind auf S. 59 tabellarisch dargestellt.

Abb. 36a Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)
Probenstelle 1 ——— 2A ..... 2 ———
unter dem Datum: Tagesmittel Abfluß
Pegel Arloff



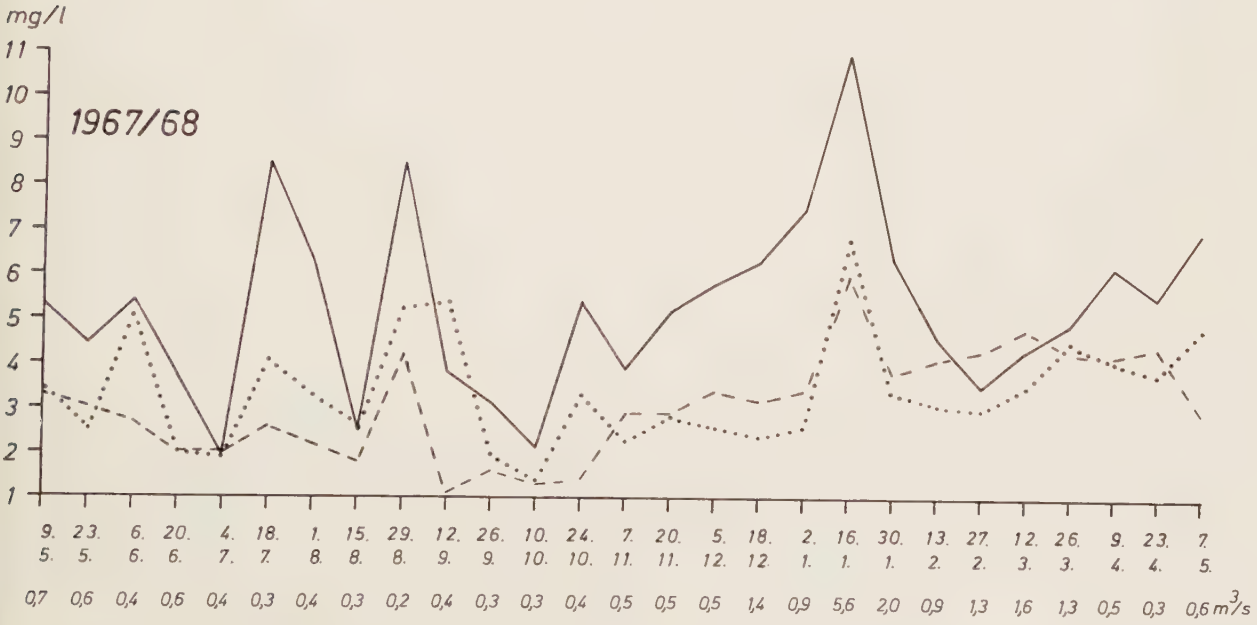
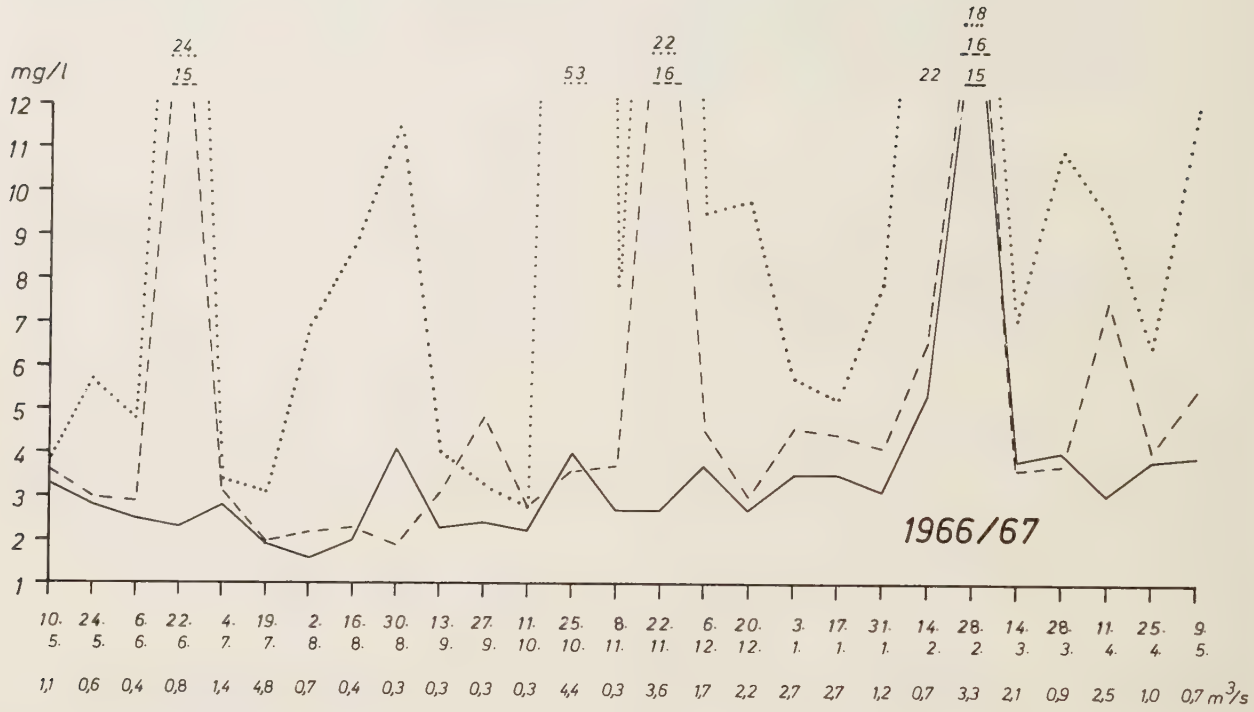


Abb. 36b Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)
Probenstelle 3 ——— 4 ——— 5 .....
unter dem Datum: Tagesmittel Abfluß
Pegel Arloff



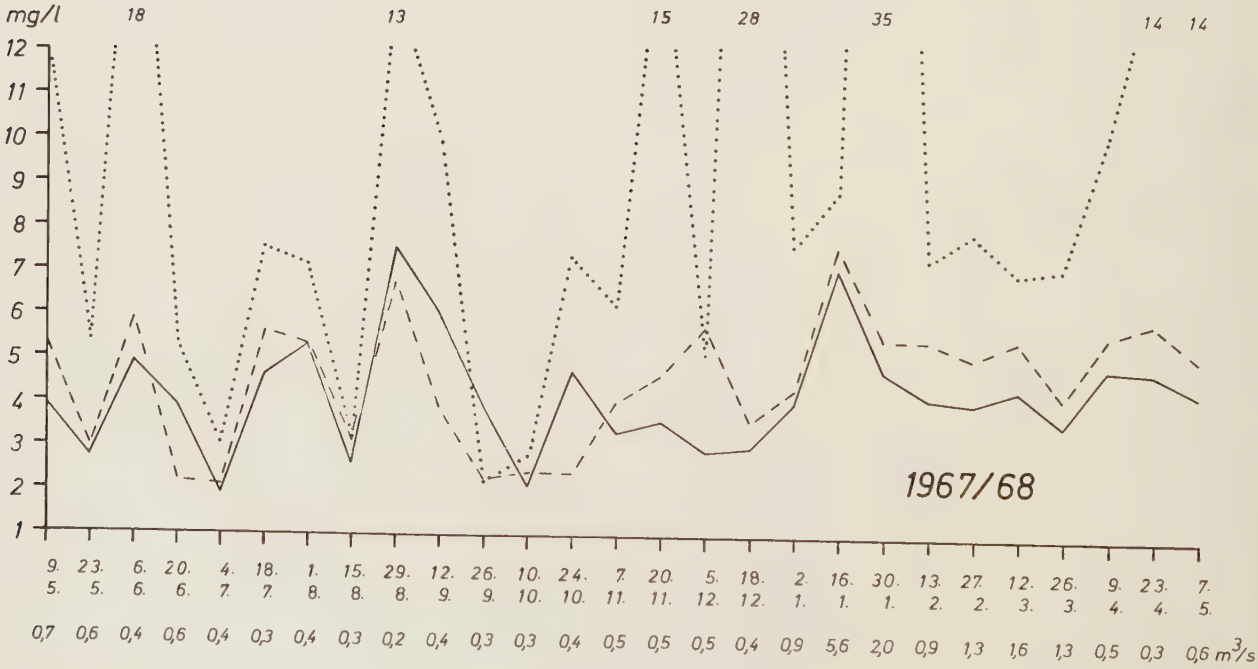
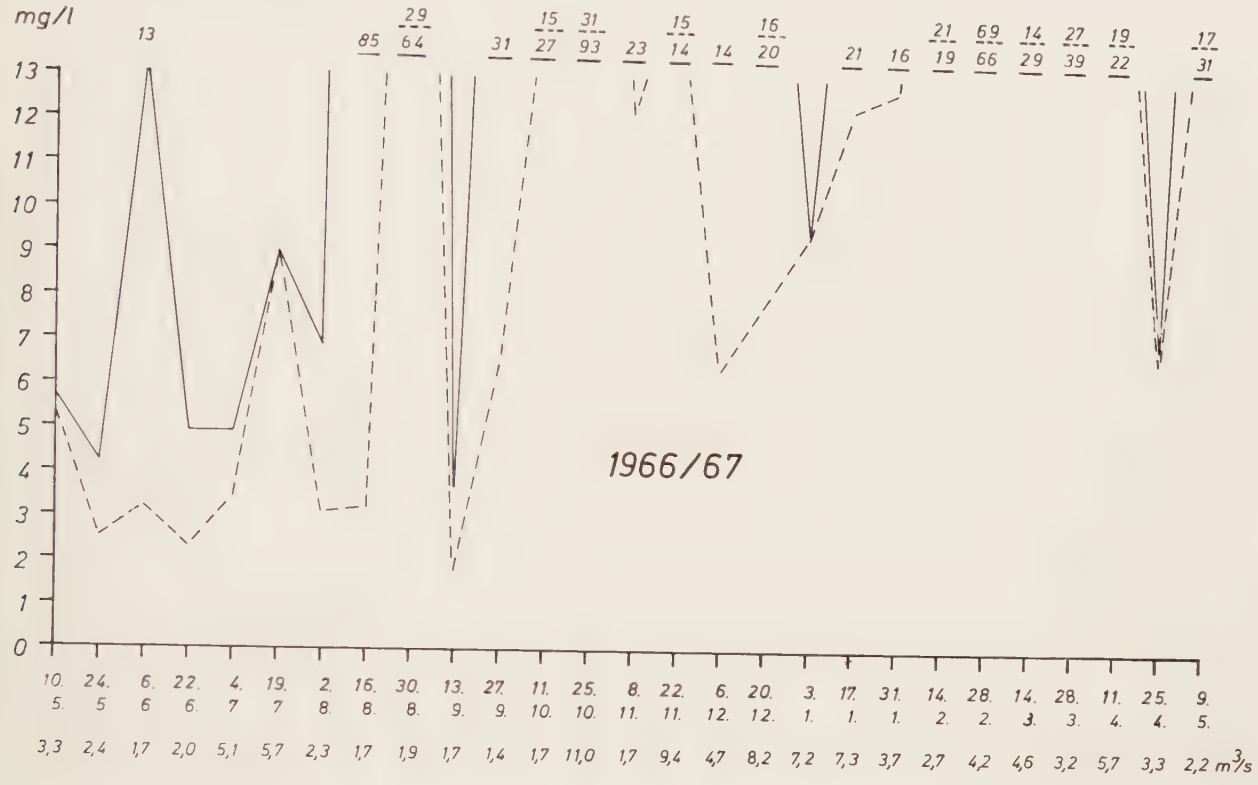


Abb. 36c Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)
Probenstelle 6A ..... 6 - 7 ———
unter dem Datum: Tagesmittel Abfluß
Pegel Bliesheim



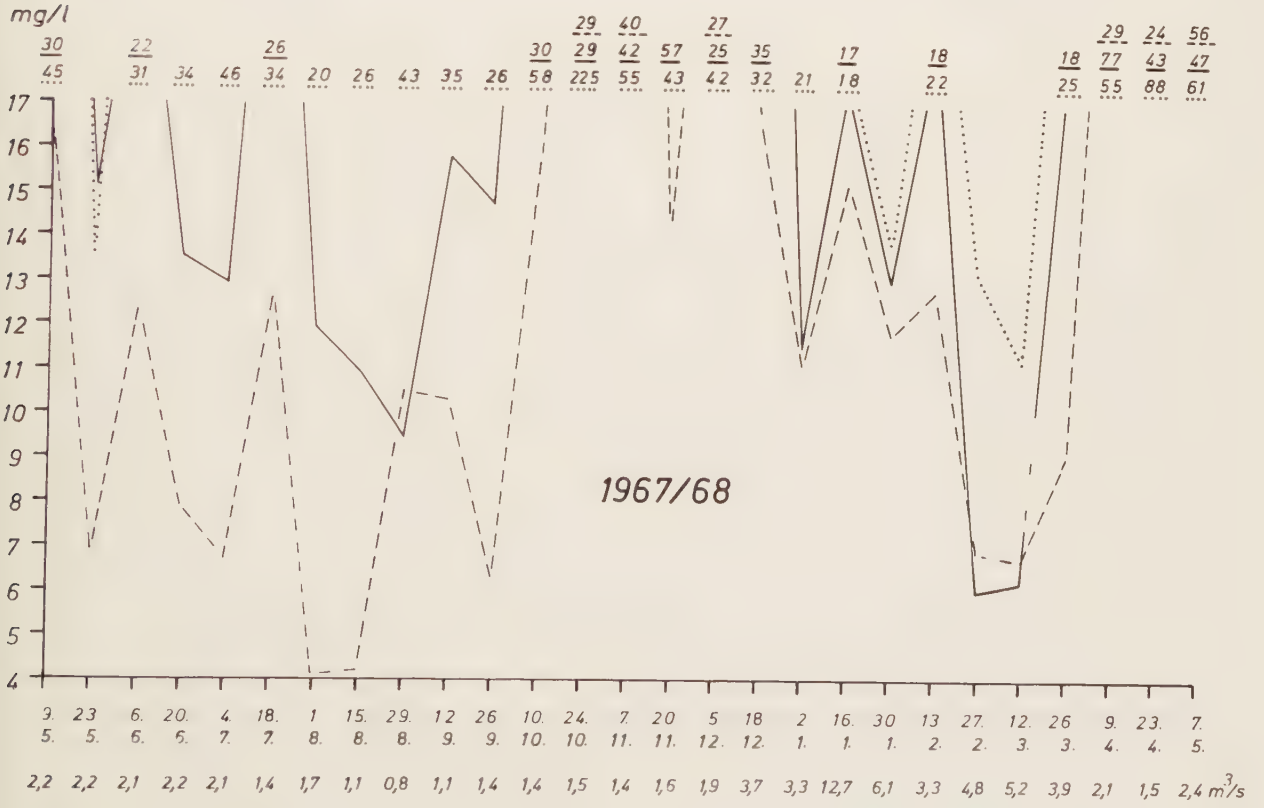
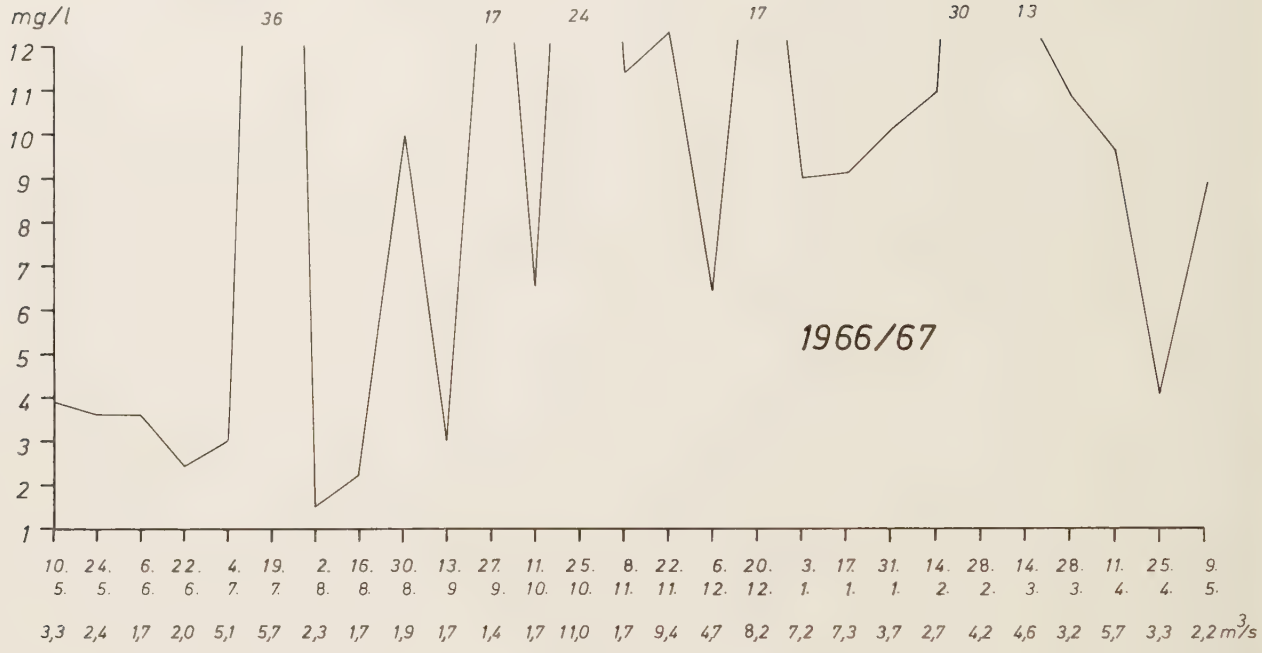


Abb. 36d Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)
Probenstelle 8 _____ 9A .....
unter dem Datum: Tagesmittel Abfluß
Pegel Bliesheim



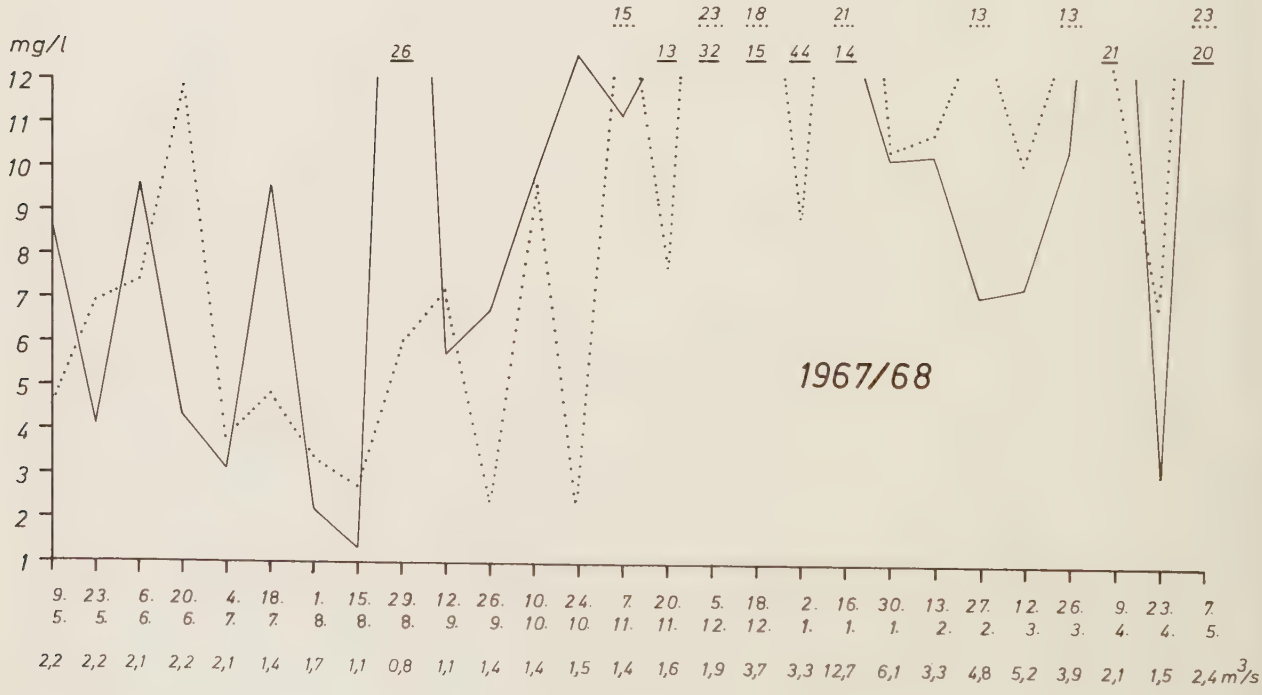
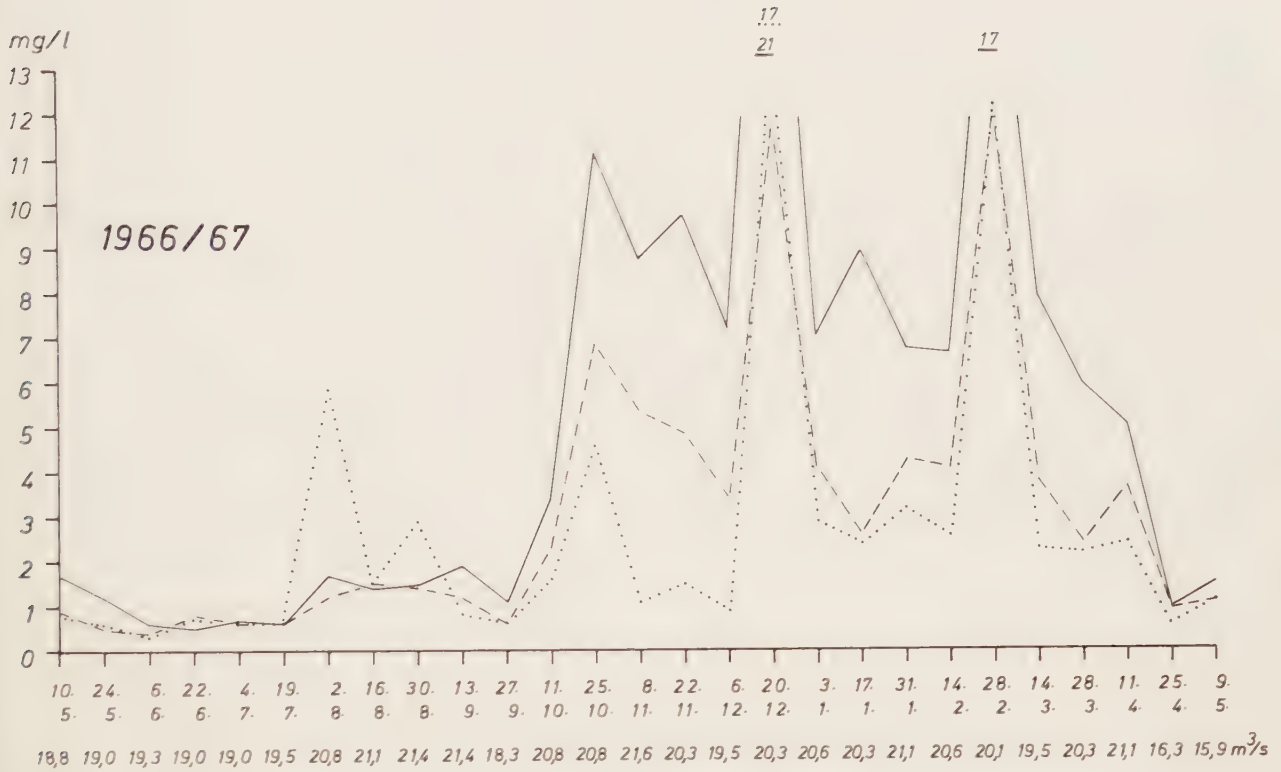


Abb. 36e Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)
Probenstelle 9 —— 10 ——— 11 .....
unter dem Datum: Tagesmittel Abfluß
Pegel Glesch



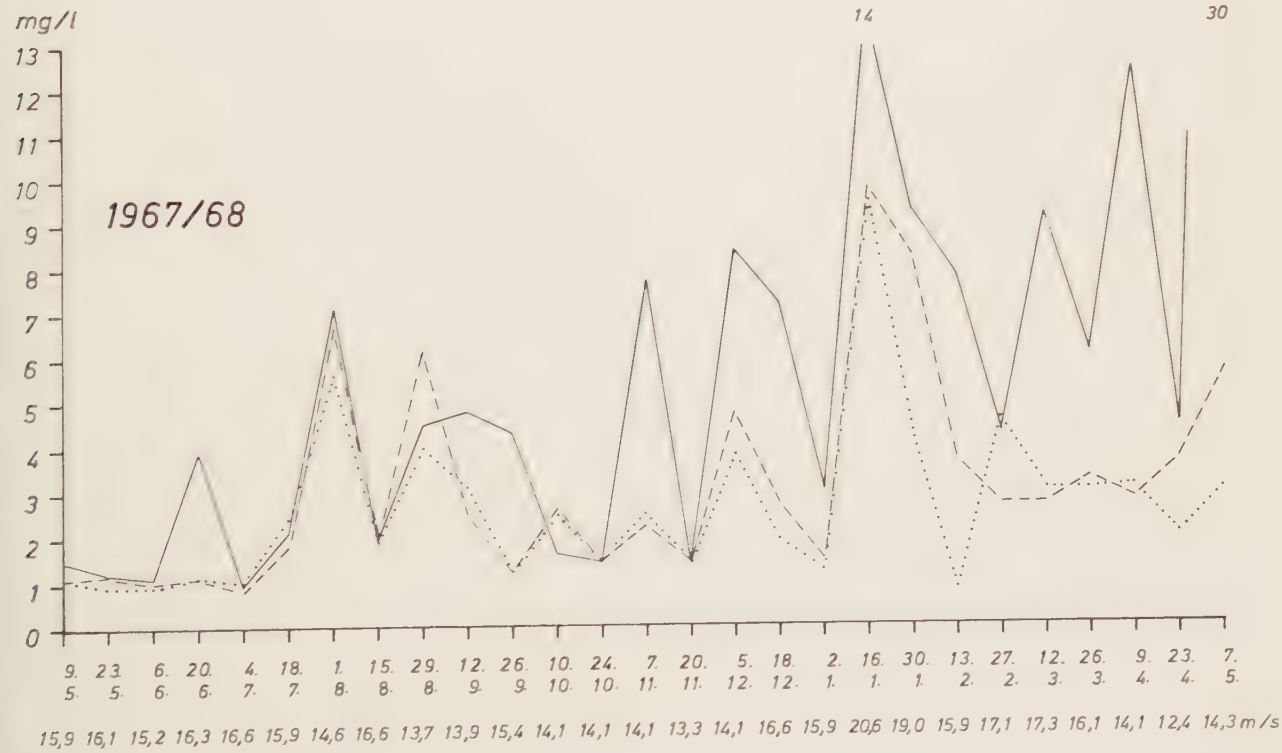
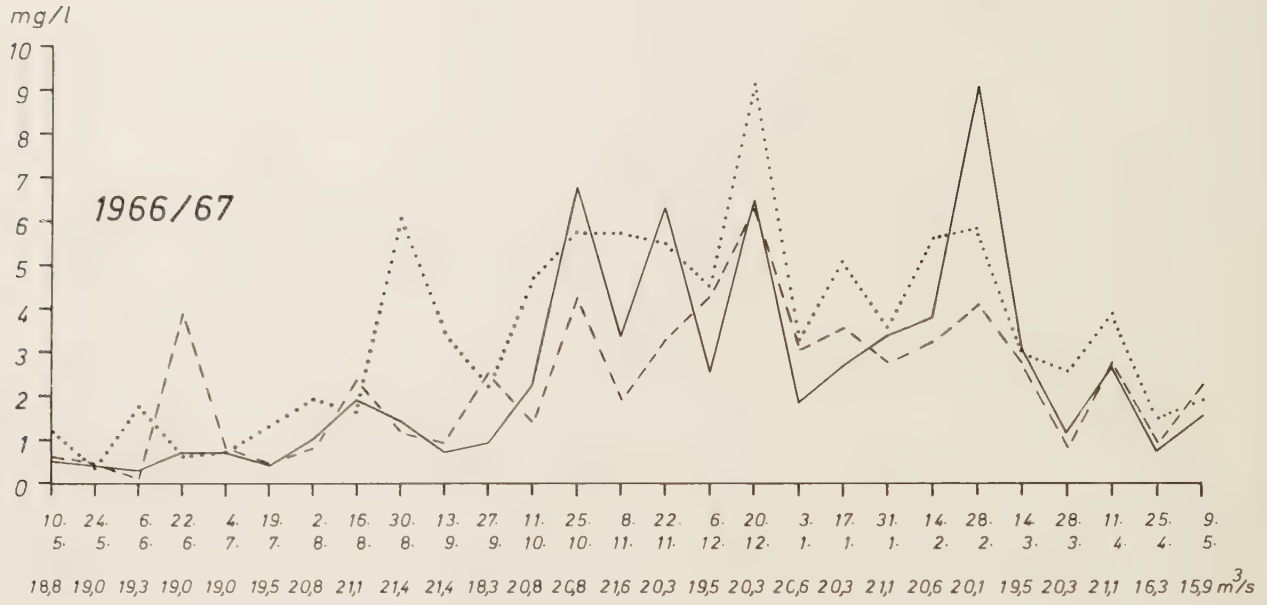
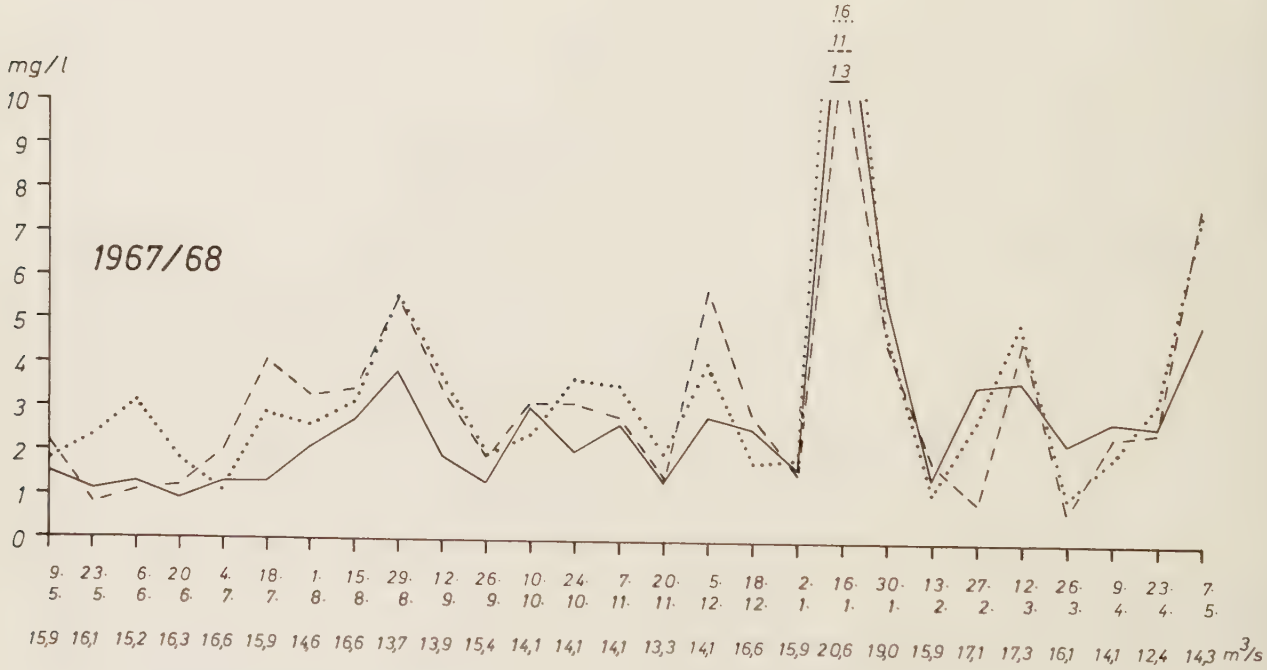


Abb. 36f Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)
Probenstelle 12 13 ——— 14 .....
unter dem Datum: Tagesmittel Abfluß
Pegel Glesch



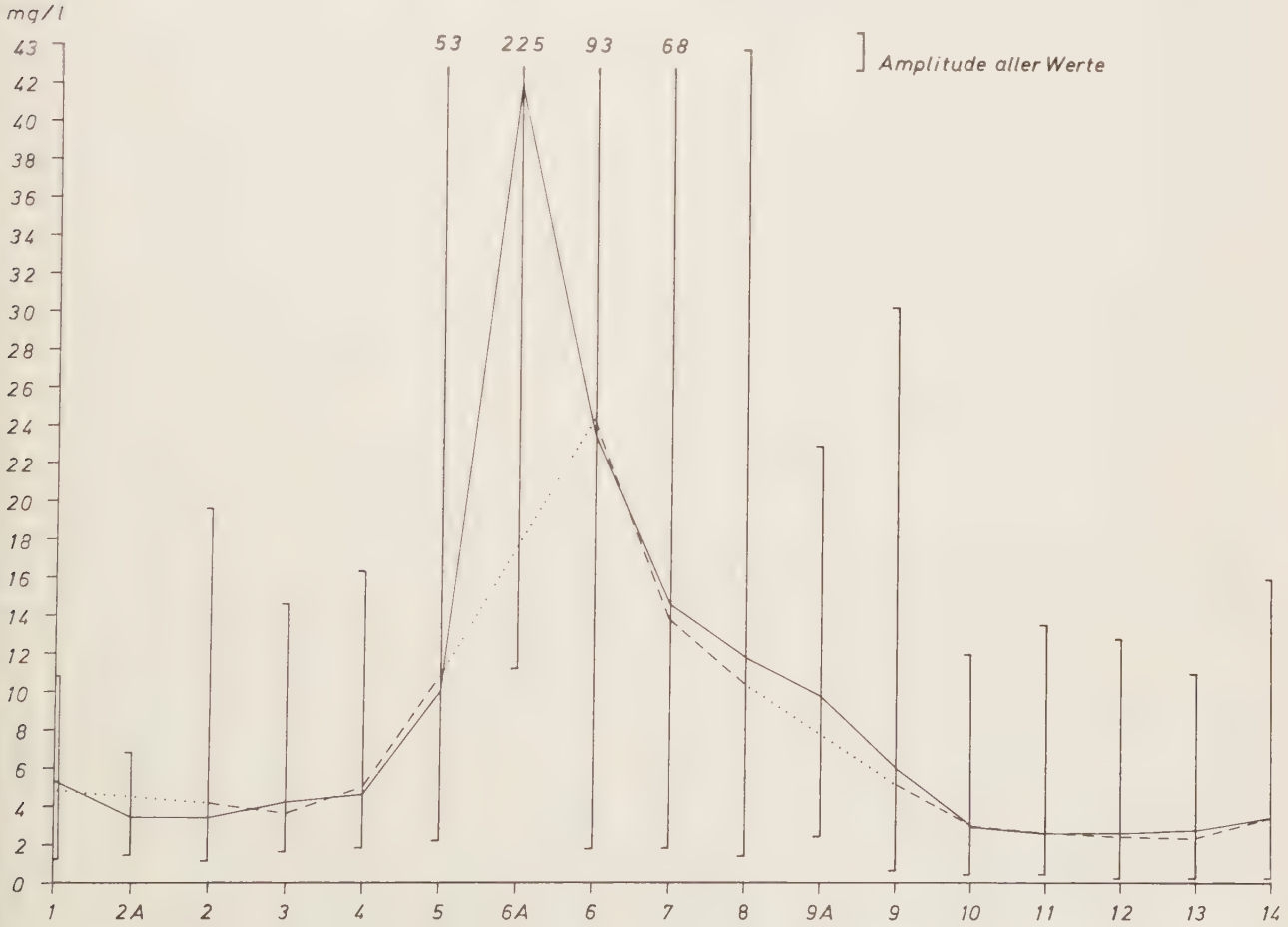


Nr. der Pr.-St.	Einstufung nach mittlerem BSB_5	Einstufung nach biologischem Befund
1	β-mesosaprob	oligo- bis β-mesosaprob
2A	β-mesosaprob	oligo- bis β-mesosaprob
2	β-mesosaprob	oligo- bis β-mesosaprob
3	β-mesosaprob	oligo- bis β-mesosaprob
4	β-mesosaprob	β-mesosaprob
5	β-mesosaprob	β- α-mesosaprob
6A	polysaprob	polysaprob
6	polysaprob	polysaprob
7	α-meso- bis polysaprob	α-meso- bis polysaprob
8	α-mesosaprob	α-meso- bis polysaprob
9A	α-mesosaprob	α- β-mesosaprob
9	α- β-mesosaprob	α- β-mesosaprob
10	oligo- bis β-mesosaprob	β-mesosaprob
11	oligo- bis β-mesosaprob	β-mesosaprob
12	oligo- bis β-mesosaprob	β-mesosaprob
13	oligo- bis β-mesosaprob	β-mesosaprob
14	oligo- bis β-mesosaprob	β-mesosaprob

Die Unterschiede in der Beurteilung nach dem mittleren BSB_5 und dem biologischen Befund sind nicht erheblich, sollen jedoch kurz diskutiert werden. Zunächst sei vorweggeschickt, daß die gute Übereinstimmung in erster Linie in der Tatsache zu suchen ist, daß die Erft fast ausschließlich mit fäulnisfähigen Stoffen belastet ist. Da man es bei der Beurteilung von Vorflutern nicht selten mit toxisch beeinflußten Gewässern zu tun hat, ist die Umrechnung biologischer Zustand — mittlerer BSB_5 nicht allgemein anwendbar.

Im Oberlauf wird die Erft nach dem biologischen Befund besser beurteilt, weil Schmutzwasserindikatoren fehlen. Wegen des hohen Nährstoffpegels in der Erft und der starken Einschwemmung allochthonen Materials ist hier der mittlere BSB_5 relativ hoch. Im Mittellauf bzw. in den verschmutzten Streckenabschnitten der Erft stimmen beide Aussagen voll überein. Im Unterlauf ist die Einstufung nach dem mittleren BSB_5 zu gut. Die extrem niedrigen BSB_5-Werte sind eine Folge der sehr starken Verdünnung durch die Sümpfungswässer und der Eliminierung eines Teiles der organischen Substanz durch das viele Eisen im Sümpfungswasser.

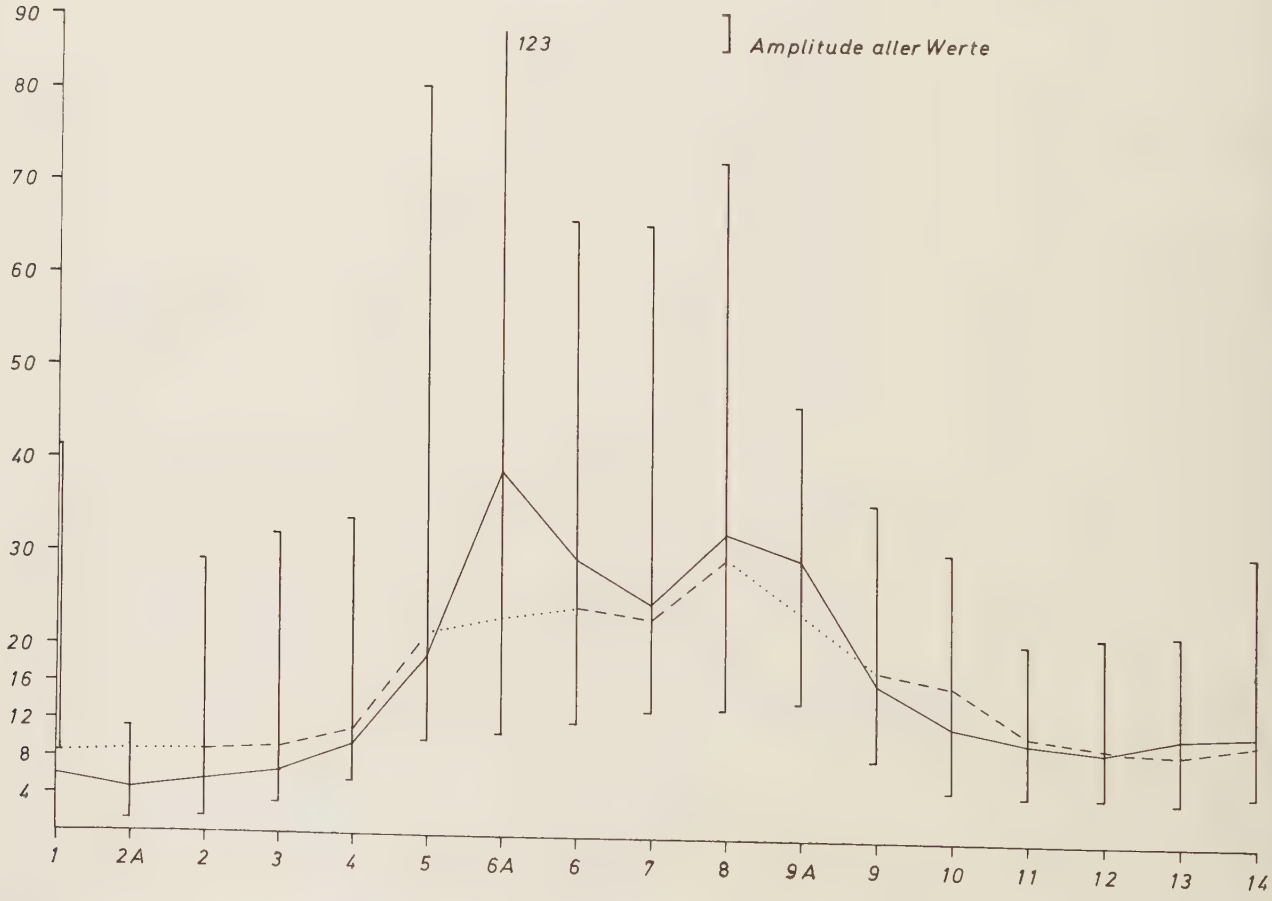
Abb. 37 Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB_5)
Mittelwerte 1966/67 - - - 1967/68 ——



2.8.13. *Kaliumpermanganatverbrauch*

Während mit dem BSB_5 die organische Substanz gemessen wird, die durch biochemische Umsetzung unter definierten Laborbedingungen abgebaut werden kann, erfolgt bei der Bestimmung des Kaliumpermanganatverbrauchs eine rein chemische Oxydation. Von Sonderfällen abgesehen, wie Moorwässer und Hochwasserabflüsse, kann der $KMnO_4$-Verbrauch ebenfalls zur Beurteilung der Abwasserbelastung von Vorflutern benutzt werden. Da jedoch vom Kaliumpermanganat nicht nur biologisch abbaubare Substanzen oxydiert werden, wird insgesamt ein anderes Stoffgemisch als beim BSB_5 erfaßt. Bei der Belastung der Erft mit ganz überwiegend organischen Substanzen kann ein gleichsinniger Verlauf der Kurven für den $KMnO_4$-Verbrauch und den mittleren BSB_5 erwartet werden. In Abb. 38 sind — genau wie in Abb. 37 für den BSB_5 — die Mittelwerte des $KMnO_4$-Verbrauches beider Untersuchungsjahre als Kurve und die Amplitude der Schwankungen als Säule eingetragen. Ein Vergleich der beiden Abbildungen zeigt die erwartete Gleichsinnigkeit der Änderungen. Etwas größer als beim BSB_5 sind die Abweichungen der Mittelwerte des Kaliumpermanganatverbrauchs zwischen den beiden Untersuchungsjahren. Eine Gliederung der Erft läßt sich mit dem letzteren Wert in derselben Weise vornehmen wie mit dem BSB_5. Diese Übereinstimmung legt den Versuch nahe, die von FJERDINGSTAD (1950) gefundene Korrelation zwischen BSB_5 und $KMnO_4$-Verbrauch anhand der hier vorliegenden Untersuchungen erneut zu prüfen, um eventuell seine Ergebnisse an der Erft verifizieren zu können. FJERDINGSTAD (l. c.) fand eine sehr gute Korrelation. Bei 180 Proben unfiltrierten Wassers betrug der Korrelationskoeffizient $r = 0{,}8927$. Nach den Untersuchungen des Erftwassers ergibt sich ein deutlich schlechterer Korrelationskoeffizient von $r = 0{,}5673$ bei 378 Proben im Jahr 1966/67, und $r = 0{,}7124$ bei 453 Proben im Jahr 1967/68. Die getrennte Berechnung einzelner Probenstellen bringt z. T. wesentlich ungünstigere Ergebnisse. Generell ist zu sagen, daß die Korrelation zwischen dem BSB_5 und dem $KMnO_4$-Wert auch in der Erft nachzuweisen ist, jedoch streuen die Werte viel stärker.

Abb. 38 Kaliumpermanganatverbrauch Mittelwerte 1966/67 - - - 1967/68 ———



2.9. Bakteriologische Befunde

Die bakteriologischen Untersuchungen umfaßten die Bestimmung der Gesamtkeimzahl und der von *Escherichia coli* unter Verwendung von Membranfiltern und Nährkartonscheiben der Firma Sartorius, Membranfilter, Göttingen (Typ Standard bzw. Typ Endo).

Die Befunde der Gesamtkeimzahlbestimmungen sind in Abb. 39 als Isopletendiagramm dargestellt, wodurch es möglich ist, die absoluten Zahlen zu entnehmen. Trotz aller Vorsicht, die bei der Interpretation von Keimzahlbestimmungen in Oberflächengewässern erforderlich ist (BUCKSTEEG 1962), lassen sich einige eindeutige Schlüsse aus den ermittelten Zahlen ziehen.

In stehenden Gewässern besteht eine enge Verknüpfung von saprophytischen Bakterien und Phytoplankton (OVERBECK 1967, 1968 a und b). Dies bedeutet ein Bakterienmaximum im Sommer und ein Minimum im Winter. In verschmutzten Fließgewässern ergibt sich ein anderes Bild, denn die Keime sind weitgehend allochthonen Ursprungs und gelangen durch Bodenauswaschung und mit Abwässern in die Vorfluter (WUHRMANN 1963). Die Abwasserbakterien sind an ein so hohes Nährstoffangebot adaptiert, daß im Fluß leicht Nahrungsmangel für diese Lebewesen auftreten kann, was von RHEINHEIMER (1965, 1971) dargelegt wurde. Aus seinen Untersuchungen an der Elbe geht hervor, daß in verschmutzten Fließgewässern die Gesamtkeimzahl im Sommer ihr Minimum und im Winter ihr Maximum hat, denn die höhere Wassertemperatur im Sommer bringt nicht nur erhöhte Stoffwechselgeschwindigkeit sondern auch kürzere Lebensdauer der Bakterien mit sich.

Betrachtet man nun die Ergebnisse der Keimzahlbestimmungen (vgl. Abb. 39, S. 62), so lassen sich trotz der erheblichen kurzfristigen Schwankungen der Einzelergebnisse einige klare Befunde formulieren. Im Oberlauf (Probenstellen 1—4) stieg die Keimzahl bei Hochwasser infolge der Bodenauswaschung meist stark an. Höhere Keimzahlen waren vor allem im Sommer vorhanden. Die absoluten Zahlen liegen m. E. zu dicht beieinander, um weitergehende Interpretationen zu ermöglichen, zumal die Bestimmungsmethode keine sehr hohe Genauigkeit besitzt.

An den Probenstellen 5—8, also in der stark verschmutzten Erft, traten besonders hohe Keimzahlen (über 100 000/ml) im Sommer bei anhaltendem Niedrigwasser auf. Dies ist als unmittelbare Folge der relativ geringen Verdünnung des Abwassers zu deuten. Das völlig aus dem Rahmen fallende Maximum von $32{,}6 \times 10^6$ Keime/ml bei Probenstelle 6A am 24. 10. 1967 wurde bei einem Abwasserstoß festgestellt, der z. B. die Sauerstoffsättigung auf 5 % reduzierte. Die hohen Keimgehalte am 25. 10. 1966 wurden bei auflaufendem Hochwasser im Anschluß an eine lange Niedrigwasserperiode festgestellt.

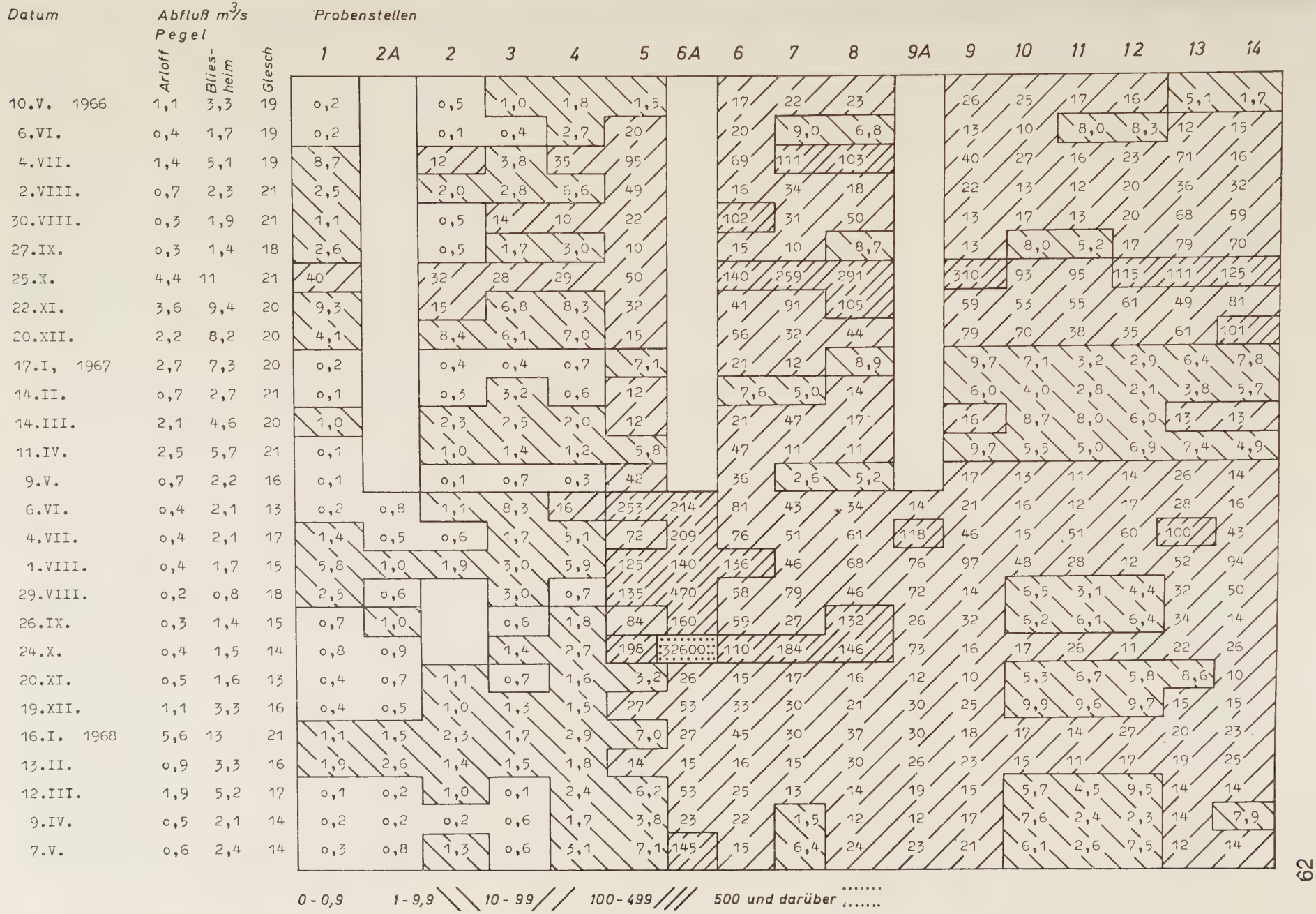
Im Unterlauf lagen die Keimzahlen dann besonders hoch, wenn im Ober- und Mittellauf Hochwasser herrschte. Eine Häufung erhöhter Keimmengen war von Oktober bis Dezember vorhanden, daran schloß sich bis Mai ein Bakterienminimum. Im zweiten Untersuchungsjahr waren die Keimzahlen im Juli/August erhöht. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die untere Erft neben verschmutztem Flußwasser hauptsächlich sauberes Grundwasser führt, und im Winter 10—12 °C wärmer ist als normal temperierte Fließgewässer unserer Breiten, paßt sich das Fehlen eines Wintermaximums der Bakterienzahlen zwanglos in die Ergebnisse von RHEINHEIMER (1965) ein. Völlig anders verhalten sich *Sphaerotilus* und *Crenothrix* in Bezug auf ihre jahreszeitliche Periodik. Sie zeigen ein ganz deutlich ausgeprägtes Wintermaximum. Darauf wird im autökologischen Teil dieser Arbeit genauer eingegangen, vgl. S. 66-69.

Betrachtet man die Häufigkeit von *Escherichia coli* (Abb. 40, S. 63) in der Erft, so fällt vor allem, wie schon bei den chemischen Parametern, die Dreigliederung des Flusses ins Auge. Im Oberlauf waren die Coli-Gehalte meist sehr gering. Da die Probenstelle 1 oberhalb von Siedlungen lag, läßt sich hier anhand der Coli-Zahlen des Bachwassers erkennen, zu welchen Zeiten das Grünland als Weide genutzt wurde. Ganz allgemein waren an den oberen Probenstellen im Winter und Frühjahr weniger Coli vorhanden als im Sommer und Herbst. Sommerhochwässer brachten ebenso wie bei den Gesamtkeimen erhöhte Coli-Werte. Während die Zahlen an den Probenstellen 1—4 in der Regel zwischen 0 und 100/ml schwankten, bewegten sich die Werte unterhalb Bad Münstereifel (Probenstelle 5) meist zwischen 400 und 5 000/ml, einzelne Werte bis zu 13 000, aber auch weniger als 100 Coli/ml konnten festgestellt werden. Die geringsten Mengen traten im Frühjahr auf, die höchsten vom Sommer bis zum Herbst. RHEINHEIMER (1965) hat in der Elbe ein schwaches Wintermaximum für Coli festgestellt. Nach BIGGER (1937, zit. nach BEGER 1966) ist die Überlebenschance von Coli bei höheren Temperaturen geringer als bei niedrigen. Da sich in der verschmutzten Erft dieser Effekt mit der Verdünnung des Abwassers durch Hochwasser überlagert, ergibt sich keine ganz klare Periodik. An der sehr stark belasteten Probenstelle 6A, unterhalb des Kuchenheimer Mühlengrabens und der Stadt Euskirchen, waren die Coli-Gehalte am größten bei geringer Wasserführung von Sommer bis Herbst. An den übrigen Probenstellen des Mittellaufes der Erft ist eine eindeutige Beziehung zu Abfluß und Jahreszeit nicht klar zu sehen.

Im Unterlauf schwankten die Coli-Mengen zwischen 100 und 1000/ml ohne ausgeprägte Periodik. Kurzfristig wurden bei geringem Abfluß im Hochsommer erhöhte Zahlen gefunden, die bei Probenstelle 10 bis auf 37 500/ml stiegen.

Um die stündlichen Schwankungen der Keim- und Colizahlen zu erfassen, wurden diese Bestimmungen bei den 24-Stunden-Messungen mit ausgeführt, vgl. Abb. 41, S. 64. Das Ergebnis entspricht den Erwartungen. Im Oberlauf schwankten die Keimkonzentrationen fast gar nicht. Die Coli-Zahl lag zu Beginn der Untersuchung über 100/ml und sank in den ersten Stunden auf etwa 50/ml. Diese Konzentration blieb bis zum Ende der Untersuchung konstant.

Abb. 39 Isopleten der Gesamtkeimzahl (1000/ml)



Datum	Abfluß m³/s Pegel Arloff	Bliesheim	Glesch
10.V. 1966	1,1	3,3	19
6.VI.	0,4	1,7	19
4.VII.	1,4	5,1	19
3.VIII.	0,7	2,3	21
30.VIII.	0,3	1,9	21
27.IX.	0,3	1,4	18
25.X.	4,4	11	21
22.XI.	3,6	9,4	20
20.XII.	2,2	8,3	20
17.I. 1967	2,7	7,3	20
14.II.	0,7	2,7	21
14.III.	2,1	4,6	20
11.IV.	2,5	5,7	21
9.V.	0,7	2,2	18
6.VI.	0,4	2,1	15
4.VII.	0,4	2,1	17
1.VIII.	0,4	1,7	15
29.VIII.	0,2	0,8	18
26.IX.	0,3	1,4	15
24.X.	0,4	1,5	14
20.XI.	0,5	1,6	13
19.XII.	1,1	3,3	16
16.I. 1968	5,6	13	21
13.II.	0,9	3,3	16
12.III.	1,9	5,2	17
9.IV.	0,5	2,1	14
7.V.	0,6	2,4	14

Probenstellen

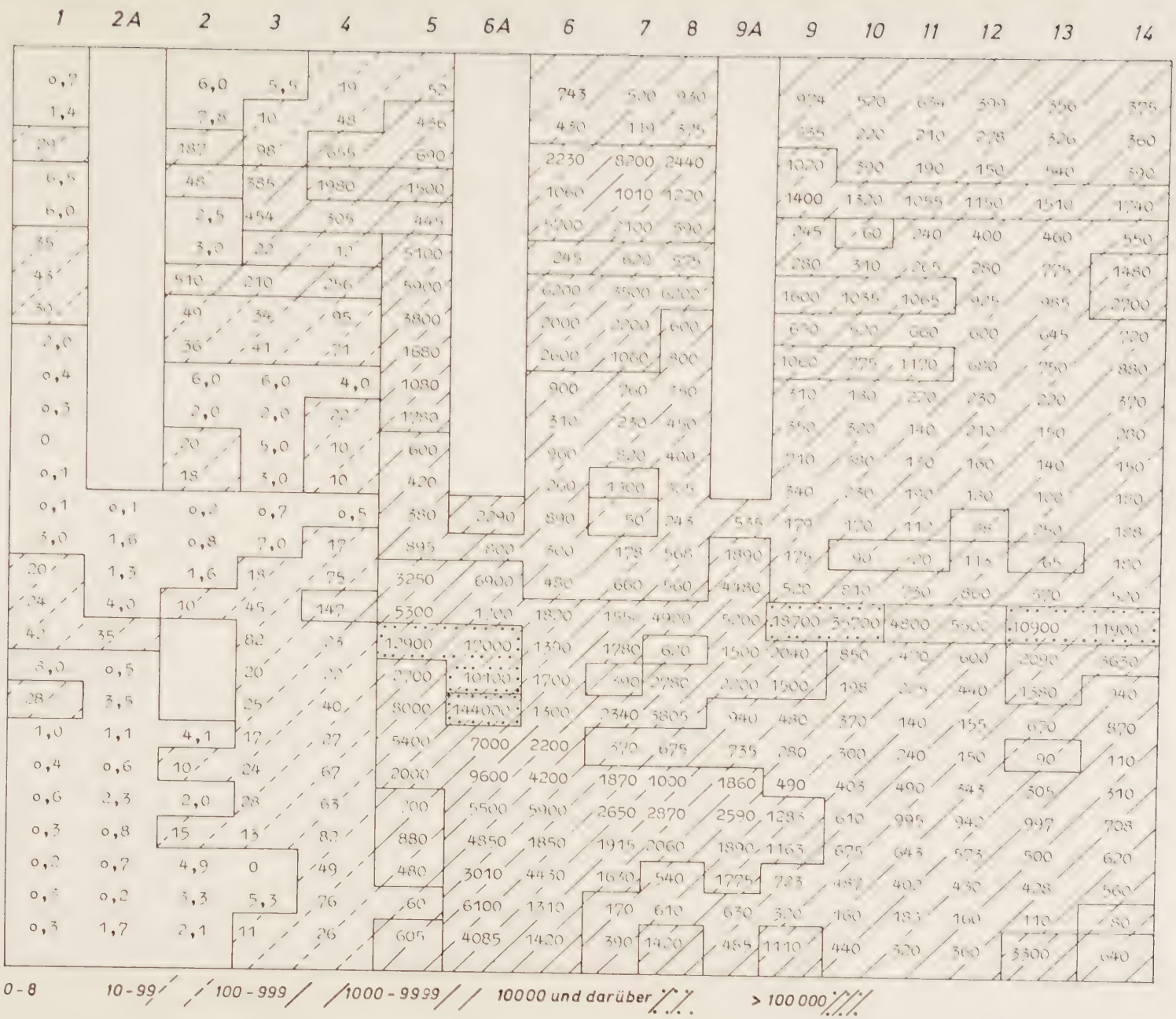
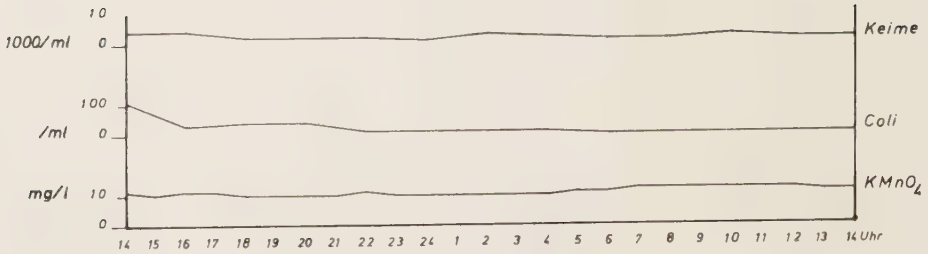
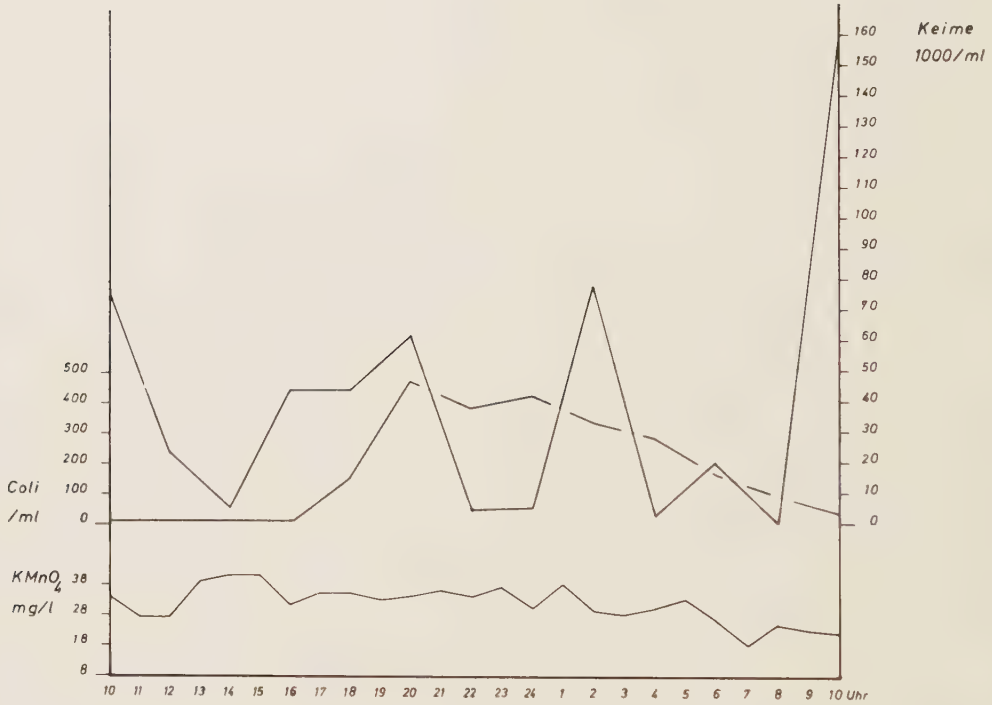


Abb. 41 Gesamtkeimzahl, Coli und $KMnO_4$-Verbrauch bei den 24-Stunden-Messungen

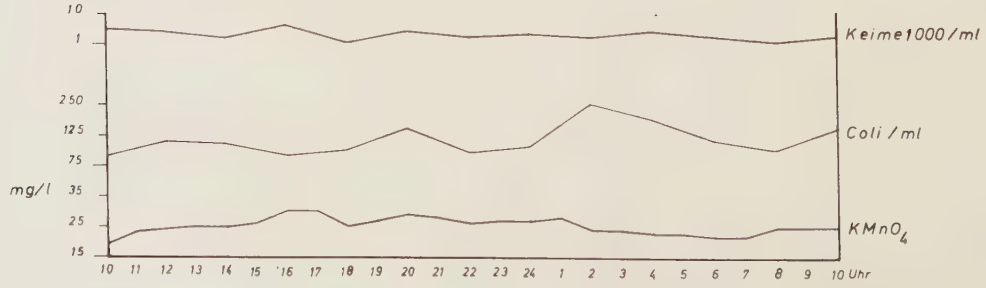
Oberlauf (Pegel Eicherscheid)
30./31. V. 1968



Mittellauf (Groß Vernich)
10./11. IX. 1968



Unterlauf (Grevenbroich)
16./17. IX. 1968



Im Mittellauf schwankten die Keimzahlen innerhalb weniger Stunden in starkem Maße. Die Coli-Zahlen stiegen vom späten Nachmittag bis 20.00 Uhr und gingen dann bis zum Ende der Untersuchungszeit am folgenden Vormittag allmählich zurück. Hieraus könnte tatsächlich ein Tag-Nacht-Rhythmus gefolgert werden.

Im Unterlauf bewegten sich die Schwankungen der Keimgehalte in engen Grenzen. Bei Coli waren die Änderungen nicht stark und ohne erkennbare Tag-Nacht-Rhythmik.

Insgesamt ist über die Bestimmung der Keim- und Coli-Zahlen in der Erft zu sagen, daß zumindest in diesem Gewässer Aufwand und Erkenntniswert der Ergebnisse in einem ungünstigen Verhältnis zueinander stehen.

Legende zu den Abbildungen 42 a - k

Über und unter der Abszisse sind die Nummern der Probenstellen eingetragen, neben der Ordinate die Namen der Organismen.

Links und rechts der senkrechten Grundlinie jeder Probenstelle sind die Häufigkeiten der Arten auf den Aufwuchsträgern mit Punkten angegeben. Dabei bedeutet jeweils ein Punkt eine Häufigkeitsstufe (Häufigkeitsstufe 1 = 1 Punkt bis Häufigkeitsstufe 6 = 6 Punkte).

Wenn ein Untersuchungszeitraum (4 Wochen) wegen Verlustes der Aufwuchsträger ausgefallen war, ist dies durch einen kurzen Strich angegeben. Konnte in seltenen Fällen eine Probe nur nach 2 Wochen Exposition der Aufwuchsträger genommen werden, sind die festgestellten Häufigkeiten durch kleinere Punkte angegeben.

Die Punktreihen links der Grundlinie geben die Häufigkeiten des 1., die rechts der Grundlinie die Häufigkeiten des 2. Untersuchungsjahres an.

Auf der Ordinate sind die Expositionsdaten abgekürzt aufgeführt. Es bedeuten:

	1966/67	1967/68
Mai-Jun	10. V. — 6. VI.	9. V. — 6. VI.
Jun-Jul	6. VI. — 4. VII.	6. VI. — 4. VII.
Jul-Aug	4. VII. — 2. VIII.	4. VII. — 1. VIII.
Aug-Aug	2. VIII. — 30. VIII.	1. VIII. — 29. VIII.
Aug-Sep	30. VIII. — 27. IX.	29. VIII. — 26. IX.
Sep-Okt	27. IX. — 25. X.	26. IX. — 24. X.
Okt-Nov	25. X. — 22. XI.	24. X. — 20. XI.
Nov-Dez	22. XI. — 20. XII.	20. XI. — 19. XII.
Dez-Jan	20. XII. — 17. I.	19. XII. — 16. I.
Jan-Feb	17. I. — 14. II.	16. I. — 13. II.
Feb-Mär	14. II. — 14. III.	13. II. — 12. III.
Mär-Apr	14. III. — 11. IV.	12. III. — 9. IV.
Apr-Mai	11. IV. — 9. V.	9. IV. — 7. V.

2.10 Aufwuchsuntersuchungen

2.10.1. *autökologischer Teil*

In Auswertung der Aufwuchsuntersuchungen soll zunächst der autökologische Teil eine Zusammenstellung aller Arten bringen, die im Aufwuchs der künstlichen und natürlichen Substrate gefunden worden sind. Auf den Abbildungen 42a—42l sind für die einzelnen Arten ihre Häufigkeiten auf den künstlichen Substraten für jedes Untersuchungsdatum so eingetragen, daß sowohl die jahreszeitliche Periodik als auch der Vergleich der beiden Untersuchungsjahre und die Verbreitung entlang der Erft unmittelbar ersichtlich sind, vgl. dazu die Legende der Abb. 42 auf S. 65. Bei der viele Organismengruppen umfassenden ökologischen Bearbeitung des Gewässers bleibt trotz der Hilfe von Spezialisten ein taxonomisch unbewältigter Rest. Soweit es sich dabei um ökologisch irrelevante Einzelfunde handelt, sind diese nicht sicher einzuordnenden Formen in der nachstehenden Aufstellung weggelassen.

Wenn das ökologische Verhalten der Arten in der Erft von dem in der Literatur beschriebenen nicht abweicht, wird auf diese nicht näher eingegangen bzw. nur auf neuere zusammenfassende Darstellungen. Soweit nötig, sind auch taxonomische Anmerkungen im Text eingefügt. Die Anordnung der höheren Taxa der Algen und ihre Nomenklatur folgt BOURRELLY (1966, 1968, 1970). Die Nomenklatur der Kieselalgen folgt HUSTEDT (1930—1966), die der Blaualgen GEITLER (1932), und die der Bakterien BREED, MURRAY und HITCHENS (1948). Innerhalb der einzelnen Klassen sind die Arten alphabetisch aufgeführt, weil so eine bestimmte Form am schnellsten zu finden ist.

Bacteriophyceae

Beggiatoa TREVISAN

Die Arten der Gattung *Beggiatoa* waren als Bewohner des Faulschlammes im Aufwuchs der Glasplatten nicht häufig zu erwarten. Wenn sie dennoch in größerer Menge aufgetreten sind, ist dies ein Hinweis auf ausgedehnte Populationen im Faulschlamm. *Beggiatoa arachnoidea* (AG.) RABENHORST und *B. minima* WINOGRADSKY wurden nur sehr vereinzelt im Mittel- und Unterlauf gefunden. *B. alba* (VAUCHER) TREVISAN und *B. leptomitiformis* (MENEGH.) TREVISAN erschienen häufiger und einige Male mit größerer Individuendichte ab Iversheim (Probenstelle 5) bis zum Kerpener Wald (Probenstelle 9A), außerdem vereinzelt im Unterlauf.

Crenothrix polyspora COHN (Abb. 42a, S.67, Tafel 5)

Diese Art, die als „Brunnenfaden" sogar unter einem Volksnamen bekannt ist, besiedelt den gesamten Unterlauf (Probenstellen 9—14), wo sie sehr hohe Abundanz-Werte erreichte. Besonders häufig war sie von Kaster bis Grevenbroich (Probenstellen 10—13) vorhanden, wo am Ufer geringe Strömungsgeschwindigkeiten vorhanden sind. Von PRINGSHEIM (1963) und BEGER (1966) wird für *Crenothrix* reines, kaltes, eisenhydrogenkarbonatreiches Wasser (speziell Brunnenwasser) als Biotop angesehen. Die Widersprüchlichkeit der ökologischen Angaben in der Literatur zu dem schon eben genannten Verhalten in der Erft deutet darauf hin, daß *Crenothrix polyspora* in erster Linie sauerstoffreiches, eisenhaltiges Wasser braucht, gegenüber Düngestoffen und mäßiger Verunreinigung aber unempfindlich ist. Ebensowenig scheint sie eine Kaltwasserform zu sein. Ihr Indikationswert wäre deshalb exakter auf erhöhten Eisengehalt des Wassers verbunden mit guter Sauerstoffversorgung zu beschränken. *Crenothrix* hat ein sehr ausgeprägtes Wintermaximum, das mit dem von *Sphaerotilus natans* zusammenfällt. SLÁDEČKOVÁ (1962) fand *C. fusca* in der Sedlice-Talsperre (CSSR) in 8—9 Meter Tiefe ganzjährig, im November und Februar bis zur Oberfläche des Gewässers.

Gallionella ferruginea EHRBG. (Abb 42a, S. 67)

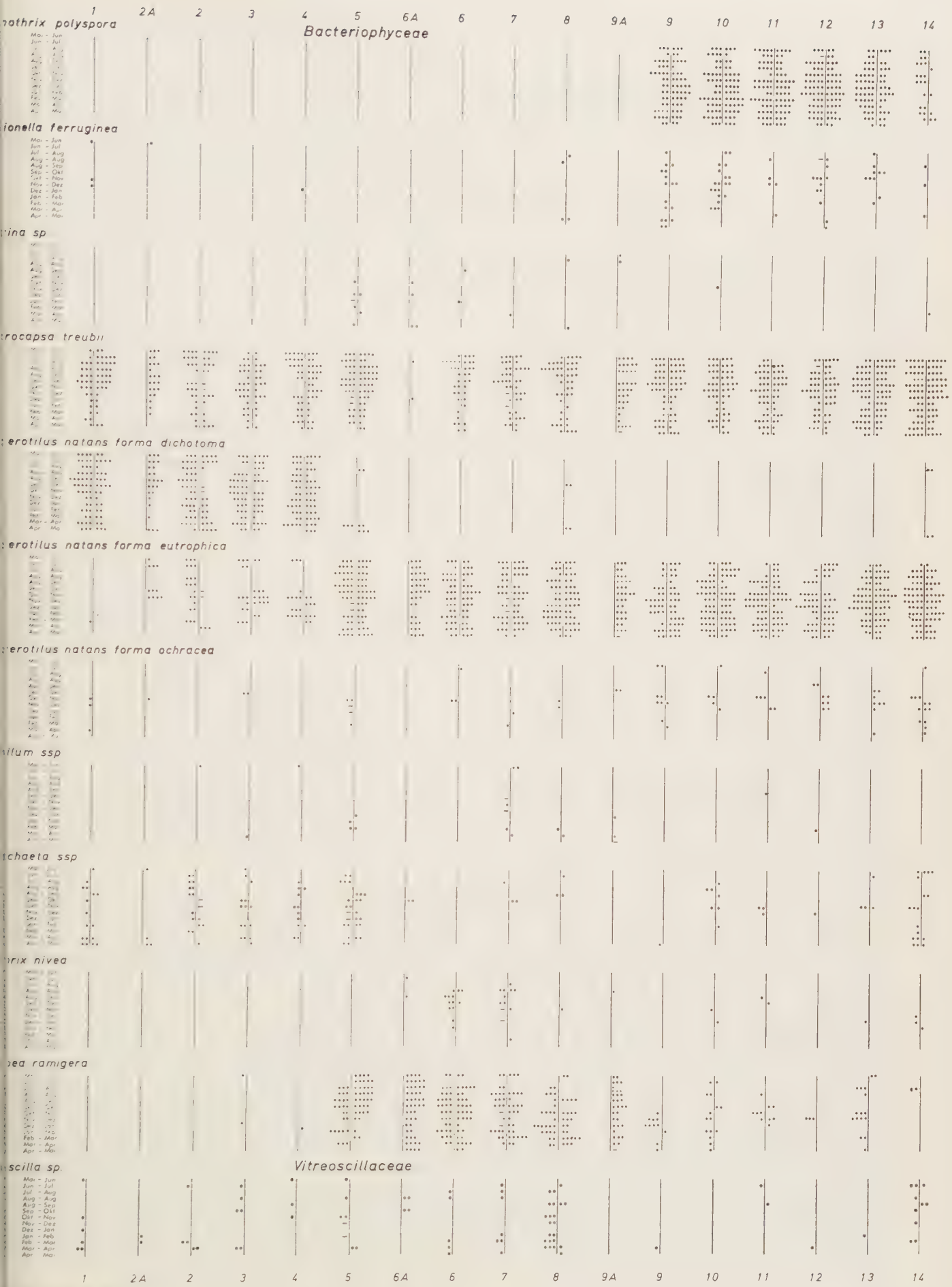
Diese ebenfalls zu den Eisenindikatoren gerechnete Bacteriophycee kam vereinzelt im Oberlauf vor. Regelmäßig, wenn auch nur in geringer Zahl, wurden abgebrochene Stiele unterhalb der sehr eisenhaltigen Sümpfungswassereinleitung Bohlendorf, gehäuft bei Paffendorf und Glesch, gefunden. Auch an den übrigen Probenstellen des Unterlaufes, bis auf die letzte bei Neuss, kamen die Stiele vor. Die ihnen oben aufsitzenden Zellen wurden nie gefunden, ebenfalls waren die Stiele stets abgebrochen, so daß nicht mit endgültiger Sicherheit gesagt werden kann, ob die Form überhaupt auf den Aufwuchsträgern gewachsen war, oder ob sie nur — was durchaus möglich ist — aus den Sümpfungswassereinleitungen bzw. aus oberhalb liegenden Gräben eingeschleppt war. Für Verdriftung spricht auch ihr relativ häufiges Auftreten in der fließenden Welle. Zur Ökologie gibt DORFF (1934) als Optimaltemperatur 6° C an und weist gleichzeitig darauf hin, daß *Gallionella ferruginea* sowohl in nährstoffarmen als auch in nährstoffreichen Gewässern vorkommt. Das Vorkommen in der unteren Erft würde damit, abgesehen von der höheren Wassertemperatur, in das allgemeine Bild der Verbreitung der Art passen.

Lampropedia hyalina SCHROETER

Einzelfunde bei Lommersum (Probenstelle 6A)

Sarcina sp. GOODSIR (Abb. 42a, S. 67)

Sarcina-Kolonien konnten vor allem in Iversheim (Probenstelle 5) häufiger beobachtet werden. Insgesamt ist die Form jedoch recht selten gewesen. Sie hat in der Erft deutlich ihren Schwerpunkt im stark mit Abwasser belasteten Mittellauf. Dies stimmt gut mit der Einordnung von *Sarcina paludosa* SCHROETER als Indikator für die polysaprobe Stufe bei LIEBMANN (1962) überein.



nde siehe S. 65

Siderocapsa treubii MOLISCH (Abb. 42a, S. 67, Tafel 5)

Siderocapsa ist ein typischer Vertreter des Aufwuchses, dessen tatsächliche Verbreitung erst bei Verwendung durchsichtiger künstlicher Substrate offenbar wird, und der deshalb in der Literatur weit unterrepräsentiert ist. DRAKE (1965) hatte begonnen, im Niederrheingebiet *Siderocapsa* zu studieren und kam zu dem Ergebnis, daß die Plastizität von *Siderocapsa treubii* wesentlich größer ist als in der Literatur angegeben. Diese Feststellung kann anhand der vorliegenden Untersuchungen voll bestätigt werden. Die Größe der Kapseln und die Anzahl der darin enthaltenen Bakterienzellen sind außerordentlich veränderlich mit allen Übergängen.

Wie aus Abb. 42a hervorgeht, ist *Siderocapsa treubii* eine der häufigsten Arten überhaupt. Bezüglich ihres Verhaltens in der Erft kann allgemein gesagt werden: 1. Die Art kommt in der gesamten Erft vor. 2. Der polysaprobe Bereich (Probenstelle 6A) wird fast völlig gemieden. 3. *Siderocapsa* hat ein deutliches Winterminimum, sowohl in der normal temperierten als auch in der winterwarmen unteren Erft.

Im Sinne der Definition der Eisenorganismen durch DORFF (1934) in Anlehnung an NAUMANN sind Eisenorganismen alle die, welche sich an der Ausfällung von Eisen beteiligen. Diese Definition hat auch LIEBMANN (1962) übernommen, der *Siderocapsa* jedoch nicht aufführt, weil sie in der Regel bei Trink- und Abwasseruntersuchungen nicht gefunden wird. BEGER (1966) nennt *Siderocapsa* unter den Eisen- und Mangananzeigern. Im Sinne einer Indikatorart für erhöhten Eisengehalt kann *Siderocapsa* nicht gelten, denn die für das Gedeihen der Art nötige Eisenmenge dürfte in der Regel überall vorhanden sein, was sowohl die Untersuchungen von DRAKE (1965, 1966) als auch die hier vorliegenden bestätigen. Bei den Untersuchungen von DRAKE fehlte *Siderocapsa* in oligotrophen bzw. dystrophen Gewässern der Eifel, obgleich diese reichlich Eisen enthielten und andere Eisenorganismen bzw. Eisenniederschläge an Kieselalgengallerte festgestellt werden konnten. Das beste Wachstum fand DRAKE 1965 bei Temperaturen nahe 20° C im Labor, ohne daß damit etwas über die Optimaltemperatur gesagt wäre. Die untere Erft wies im Vergleich zu anderen Fließgewässern des Niederrheingebietes die absolut höchste Vermehrungsrate von *Siderocapsa* pro Tag auf, und zwar bei Temperaturen etwas über 14° C. Bei der vorliegenden Erftuntersuchung wuchs *Siderocapsa* ebenfalls besonders rasch bei sommerlichen Temperaturen, im Winter dagegen erheblich langsamer, kenntlich an den geringeren Häufigkeiten bei gleicher Expositionszeit. Dies steht ebenfalls im Einklang mit den Ergebnissen von DRAKE, wonach unterhalb von 4 °C das Wachstum der Art rapid nachläßt. Zur gleichen Zeit, zu der in der oberen und mittleren Erft niedrige Temperaturen vorlagen und *Siderocapsa* nur schwach wuchs, war sie auch in der wesentlich höher temperierten unteren Erft selten. In diesem Bereich unterlag sie allerdings einem stärkeren Konkurrenzdruck durch *Sphaerotilus natans* und *Crenothrix polyspora*, was die Hemmung ihrer Entwicklung mit bedingen könnte.

Sphaerotilus natans f. *eutrophica* (KÜTZ.) PRINGSHEIM und f. *dichotoma* (COHN) PRINGSHEIM (Abb. 42a, S. 67)

In der Benennung des Komplexes *Sphaerotilus-Cladothrix-Leptothrix* folge ich der Bearbeitung der fädigen Eisenbakterien durch PRINGSHEIM (1949). Bei typischer Entwicklung von *Sphaerotilus natans* ist die Unterscheidung der f. *eutrophica* und der f. *dichotoma (Sphaerotilus dichotomus)* sehr einfach. In der Regel sind die beiden Formen auch auf verschiedene Räume beschränkt. *Sphaerotilus natans* f. *dichotoma* trat sehr häufig im unverschmutzten Oberlauf auf. Dies entspricht den allgemein in der Literatur zu findenden Angaben über die ökologischen Ansprüche der Art. BEGER (1966) führt jedoch *Sphaerotilus natans* f. *dichotoma* unter den β- bis α-mesosaproben Arten auf. ŠRÁMEK-HUŠEK (1956) stuft sie noch schlechter ein. *Sphaerotilus natans* f. *dichotoma* der oberen Erftprobenstellen war um 1 µm (0,8—1,5 µm) dick und reichlich verzweigt. *Sphaerotilus natans* f. *eutrophica* der mittleren Erft zwischen 1,2 und 2 µm dick und wenig verzweigt. In der stark verschmutzten Erft wurde *Sphaerotilus* kaum verzweigt angetroffen. Schwieriger war die Abgrenzung der beiden Formen an Probenstelle 5, die am Gebirgsfuß gelegen durch Münstereifel und andere Einleiter schon ziemlich verunreinigt ist. Hier wurden oft beide Formen nebeneinander angetroffen. In Zweifelsfällen habe ich ab 1,5 µm Breite auch reichlich verzweigte Formen zu *Sphaerotilus natans* f. *eutrophica* gezogen. Die Tatsache, daß Probenstelle 5 zwischen mäßig und stark verschmutzt anzusehen ist und hier die Unterscheidung der beiden *Sphaerotilus*-Formen besondere Schwierigkeiten bereitet, ist ein zusätzliches, ökologisches Argument, die beiden Formen nicht spezifisch zu trennen.

Die jahreszeitliche Periodizität von *Sphaerotilus natans* f. *dichotoma* ist nicht deutlich ausgeprägt, zumal auch die beiden Untersuchungsjahre nicht immer dieselben Resultate brachten. Eine Tendenz zur Bevorzugung der Wintermonate läßt sich aus Abb. 42a dennoch erkennen, wenn man berücksichtigt, daß im Winter häufiger Verluste durch Hochwasser eintreten konnten.

Wesentlich eindeutiger wird das Bild bei *Sphaerotilus natans* f. *eutrophica*. Außerhalb ihres Verbreitungsschwerpunktes, an den Probenstellen in der Eifel, kommt sie bevorzugt im Winter vor. Am deutlichsten wird die starke Entfaltung von *Sphaerotilus* in den Wintermonaten bei Betrachtung der Verhältnisse in der unteren Erft, wo infolge der ausgeglichenen Wasserführung das Bild durch Hochwasserverluste nicht verfälscht wird. Die dominierende Rolle von *Sphaerotilus natans* f. *eutrophica* kann schon makroskopisch an den kräftigen Zotten beurteilt werden, die ab Oktober/November den Winter über bis zum Beginn der Kieselalgen-Entwicklung im Frühjahr das Bild beherrschen. In der stark verschmutzten mittleren Erft ist die makroskopisch sichtbare Schwankung in der *Sphaerotilus*-Entwicklung nicht so sehr ausgeprägt, wenngleich auch hier besonders im Herbst die stärkere Entfaltung dieses Bakteriums sichtbar wird. Im Winter wird das Bild durch Hochwasserver-

luste verwischt. Die Entwicklung von *Sphaerotilus natans* f. *eutrophica* ist im Winter im Unterlauf erheblich stärker als im Mittellauf der Erft und in anderen, vergleichbaren Gewässern. Dies ist eine Folge der Tatsache, daß in der kalten Jahreszeit die Konkurrenz der anderen Partner der Aufwuchsbiozönose ausgeschaltet ist (DEMOLL und LIEBMANN 1952), und bei den hohen Wassertemperaturen der unteren Erft *Sphaerotilus natans* seinem Wachstumsoptimum (nach SCHEURING und HÖHNL 1956 10—15° C, nach PAWLACZYK 1961 16—18° C) viel näher kommt, als in den um mindestens 10° C kälteren, normal temperierten Gewässern.

Sphaerotilus natans f. *ochracea* (KÜTZ.) PRINGSHEIM (Abb. 42a, S. 67)

Diese, meist als *Leptothrix ochracea* KÜTZ. bezeichnete Form, kam fast in der gesamten Erft vor. Ihr Verbreitungsschwerpunkt befand sich unterhalb der Sümpfungswassereinleitungen, die ja zum Teil sehr eisenhaltig sind. Allerdings wird das Eisen sehr schnell ausgefällt, so daß es analytisch kaum noch faßbar ist. Auch bei *Sphaerotilus natans* f. *ochracea* läßt sich eine Bevorzugung der Herbst- und Frühwintermonate feststellen.

Spirillum sp. EHRBG. (Abb. 42a, S. 67)

Bevorzugt im stark abwasserbelasteten mittleren Erftabschnitt wurden gelegentlich Bakterien vom *Spirillum*-Typ gefunden, doch spielten sie quantitativ nie eine Rolle.

Spirochaeta sp. EHRBG. (Abb. 42a, S. 67)

Spirochaeten waren erheblich häufiger als Spirillen im Aufwuchs anzutreffen. In der Abwasserstrecke waren diese Bakterien selten zu finden. Ziemlich regelmäßig das ganze Jahr über dagegen an den Probenstellen in der Eifel (Pr.-St. 1—5).

Thiothrix nivea (RABENH.) WINOGR. (Abb. 42a, S. 67)

Fäden dieses Schwefelbakteriums traten am häufigsten in der mittleren Erft an Probenstelle 6 auf. Auch an der folgenden Probenstelle bei Liblar (Nr. 7) war die Art gelegentlich zu finden, sonst aber selten, so daß weitergehende Schlüsse aus ihrem Vorkommen hier nicht gezogen werden können.

Zoogloea ramigera ITZIGSOHN (Abb. 42a, S. 67)

Bakterienkolonien von typischer *Zoogloea ramigera*-Form und auch atypische, halbkugelige bis längliche Kolonien wurden in der Erft oft auf den Objektträgern gefunden und zwar überwiegend zwischen Iversheim und dem Abschlag Mödrath, also in der verschmutzten Erft. Damit bestätigt sich die Einstufung der Art als typischer Abwasserindikator. Eine eindeutige jahreszeitliche Periodik läßt sich trotz der sehr unterschiedlichen Mengen auf den Aufwuchsträgern nicht ableiten.

Vitreoscillaceae

Vitreoscilla sp. PRINGSHEIM (Abb. 42a, S. 67)

Verbreitet über die ganze Erft wurden *Vitreoscilla* Fäden gelegentlich in geringer Individuenzahl angetroffen.

Cyanophyceae

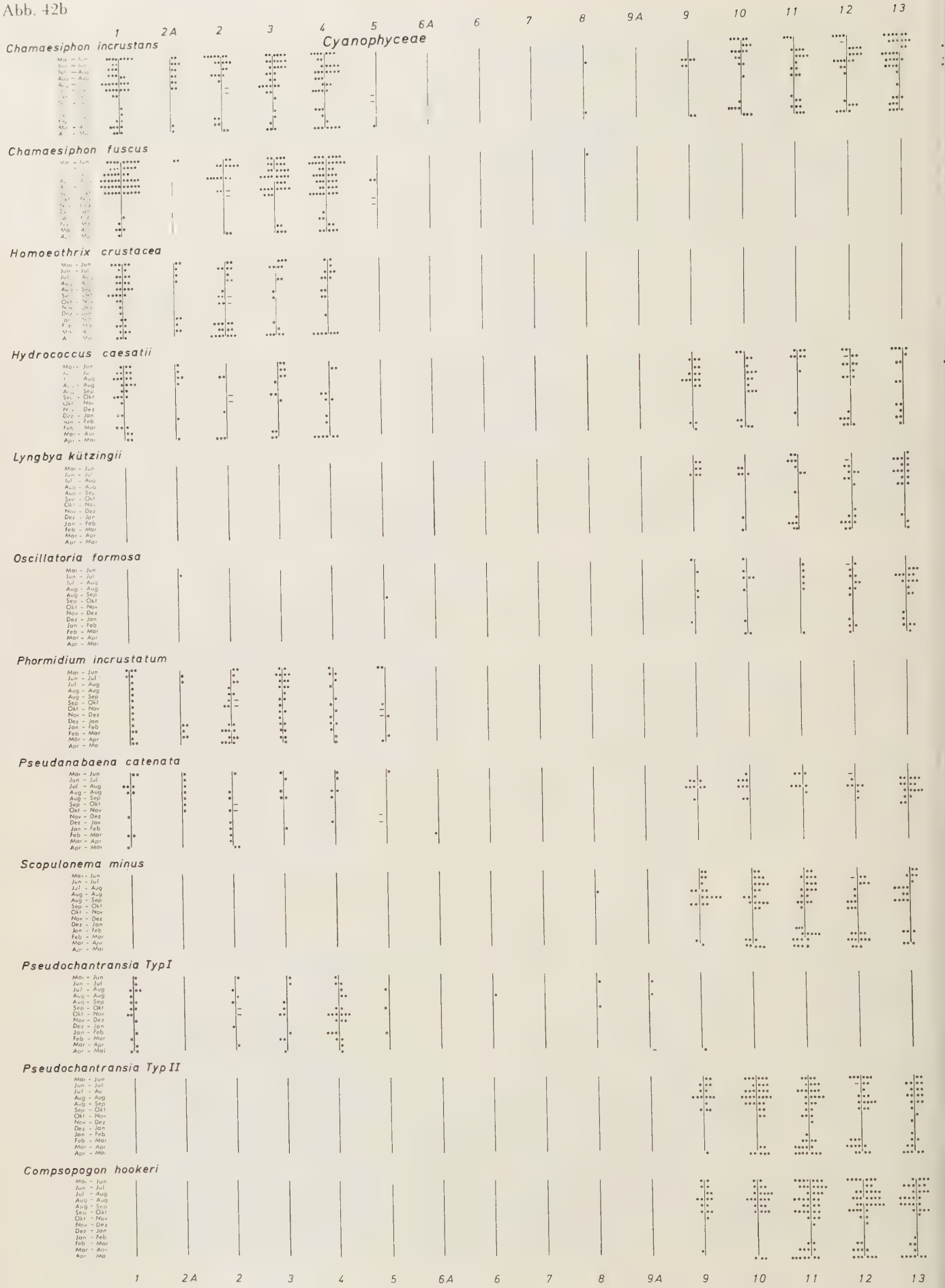
Chamaesiphon incrustans GRUN. Abb. 42b, S. 70)

Diese Cyanophycee wurde bei normalem Wachstum in typischen Exemplaren sowohl auf Aufwuchsträgern als auch auf natürlichen Substraten gefunden. Nach 14-tägiger Exposition waren die Pflanzen in der Regel noch nicht ausgewachsen, zumindest bildeten sie dann noch keine Exosporen. Nach vier Wochen waren im Sommer in der Regel Exsporen vorhanden, meist nur eine. Bei gutem Wachstum wurden neben der typischen Form auch längere, gebogene Individuen gefunden, die der var. *elongatus* STARMACH zuzuordnen sind. Typischer *Ch. curvatus* NORDST., der nach KANN (Internat. Symposion für Cyanophyceenforschung 1969) mit *Ch. incrustans* var. *elongatus* Überschneidungen in den Dimensionen zeigt, wurde nicht gefunden. Auf den natürlichen Substraten war die Varietät häufiger als die typische Form. Diese Beobachtung stimmt gut überein mit den Befunden von BACKHAUS (1968 b, c), der diese Varietät ebenfalls in der alkalischen, nährstoffreichen, obersten Donau häufig fand. In der Regel war die Farbe der Zellen stahlblau, gelegentlich wurden sie — insbesondere bei Iversheim (Probenstelle 5) — mit blauvioletter Farbe angetroffen. *Chamaesiphon incrustans* besiedelte mit zeitweise hohen Abundanzwerten die obere und mittlere Erft und fehlte völlig in der polysaproben mittleren Erft. Von November bis Februar waren auf den Objektträgern keine Exemplare von *Chamaesiphon incrustans* zu finden, das Entwicklungsmaximum fällt in die Sommermonate. Zwischen normal temperiertem Ober- und winterwarmem Unterlauf besteht in Bezug auf die jahreszeitliche Periodik kein Unterschied. Insgesamt gesehen ist *Chamaesiphon incrustans* ein sehr charakteristischer und häufiger Teil der sommerlichen Aufwuchsbiozönose.

Chamaesiphon fuscus (ROSTAF.) HANSG.
(Abb. 42b, S. 70, Tafel 5)

Diese Art ist, wie auch in anderen Bergbächen (BUDDE 1935, 1942, KANN 1943) ein typisches Glied der Aufwuchsbiozönose insbesondere des Oberlaufes der Erft, wo sie im Sommer mit *Ulvella frequens* und *Cocconeis placentula* die Hauptmasse des nur wenige µm hohen, einschichtigen Aufwuchses stellt. Den Schwerpunkt seiner Verbreitung in der Erft hat *Ch. fuscus* an den Probenstellen 1—4 im sauberen Oberlauf. An den Probenstellen 2A und 2 wäre die Art zwar nach den allgemeinen Verhältnissen ebenfalls häufig zu erwarten. Hier ist jedoch der Aufwuchs oft nur schwach entwickelt gewesen, weil sich die Substrate sehr schnell mit Mineralien zusetzten, die aus dem nahegelegenen

Abb. 42b



Legende siehe S. 65

Kalksteinbruch in den Brombach und dann in den Kuhbach gelangten. Wie *Ch. incrustans* konnte *Ch. fuscus* nur im Sommer auf den Aufwuchsträgern gefunden werden. An sich auf den Oberlauf der Erft beschränkt, erschien die Art mehrfach an der letzten Probenstelle vor der Mündung der Erft in den Rhein. Hier herrscht stärkere Strömung, so daß auch Bergbachformen auftreten können. Parallelen sind z. B. *Hydrococcus cesatii* (vgl. unten) und das Auftreten von Larven der Eintagsfliege *Ecdyonurus venosus*. An dem *Ch. fuscus*-Aufwuchs der Objektträger konnten die gleichen Beobachtungen gemacht werden, die BACKHAUS (1967 b, c) beschrieben hat. Die wichtigsten sollen kurz dargestellt werden: An jungen Lagern sind keine Scheiden festzustellen, und die Anordnung der Zellen ist *Ch. regulare* zum Verwechseln ähnlich. Die Farbe dieser Lager ist hellgrau. Ältere Lager, in denen zumindest die Zellen im Zentrum von Scheiden umgeben sind, sehen hell himbeerfarben aus. An älteren Lagern, die wie die jungen mehr oder weniger kreisrund sind, ist der Übergang von den jungen Zellen außen zu den älteren im Inneren der Scheibe nicht kontinuierlich, sondern ist als deutliche Grenzlinie markiert, vgl. dazu die Abbildung auf Tafel 5. Wenn die Art stärkerer Strömung ausgesetzt ist, werden die Lager länglich, wobei verstärktes Wachstum im Lee festzustellen ist.

Chamaesiphon oncobyrsoides GEITLER

Gelegentlich wurde im natürlichen Aufwuchs auf den Steinen des Oberlaufes *Ch. oncobyrsoides* angetroffen. Er war jedoch nicht häufig. Auch auf den Objektträgern an Probenstellen 3 und 4 wurden mehrfach im Frühjahr und Sommer Jugendstadien gefunden, die zwar nicht sicher determiniert werden konnten, aber mit großer Wahrscheinlichkeit dieser Form zugehörten.

Chamaesiphon polonicus (ROSTAF.) HANSG.

Die Art kam nur im natürlichen Aufwuchs von Kalksteinen der Probenstelle 1, 3 und selten auch 4 vor. Auf den Objektträgern ist sie nie gewachsen.

Chamaesiphon cf. *polymorphus* GEITLER

Einige Male wurden im unteren Oberlauf (Probenstellen 4 und 5) *Chamaesiphon*-Pflanzen gefunden, auf die am besten die Beschreibungen von *Ch. polymorphus* passen. Die Form war zu selten, um ökologisch etwas aussagen zu können.

Clastidium setigerum KIRCHNER (Tafel 13)

Es trat im Oberlauf mehrfach im Sommer auf, war aber stets selten. Die Art scheint auch sonst nicht häufig und auf Bachoberläufe beschränkt zu sein, wie aus den Ergebnissen der Untersuchungen von Brigbach und Breg hervorgeht (BACKHAUS, 1968 a, c).

Homoeothrix crustacea WORONICHIN
(Abb. 42b, S. 70)

Die Steine des oberen Oberlaufes (Probenstellen 1—3) sind, wenn nicht gerade durch Hochwässer „gereinigt", von mehrere Millimeter dicken, blaugrünen Krusten — mit Ausnahme der Unterseite — rundum bedeckt. Schon makroskopisch lassen sich an den abgelösten Krusten in Seitenansicht Zuwachsstreifen feststellen. Die Krusten bestehen aus *Homoeothrix crustacea* und *Phormidium incrustatum*, letztere Art überwiegt quantitativ. Die Zuwachsstreifen entsprechen offensichtlich Jahresringen, denn nach dem *Hydrurus*- und Kieselalgen-Maximum im Frühjahr erkennt man ab Juni an der frischeren Farbe der Krusten, daß verstärktes Wachstum eingetreten ist. Auf den Objektträgern war *Homoeothrix crustacea*„ wie Abb. 42b zeigt, regelmäßig vorhanden. Die höchste Abundanz wurde im April/Mai und Oktober gefunden.

Über *Homoeothrix crustacea* ist in der ökologischen Literatur kaum etwas zu finden (KOMÁREK und KALINA 1965). Im gesamten Oberlauf der Erft bis Bad Münstereifel ist sie eine der häufigsten Formen. Dann verschwindet sie offensichtlich infolge der Abwassereinleitungen, denn auch unterhalb gibt es längere Strecken, die sonst dem Bereich oberhalb physiographisch gleich sind. Lebende Krusten treten auch recht häufig in der Versickerungsstrecke auf. Die Art kann also längere Austrocknung im Sommer ertragen. Nach ihrer Verbreitung in der Erft ist *Homoeothrix crustacea* als oligo- bis β-mesosaprobe Leitform kalkreicher Bergbäche anzusehen. Zur Verifizierung dieser Einstufung fehlt jedoch leider z. Z. das Vergleichsmaterial.

Hydrococcus cesatii RARENH. (Abb. 42b, S. 70, Tafeln 5 und 13)

Im Gegensatz zu den kalkarmen Donauquellflüssen, in denen die Art sehr häufig ist (BACKHAUS 1968 a, c), trat *Hydrococcus cesatii* in der Erft nur mit mäßiger Häufigkeit auf, war aber mit Ausnahme des Winters regelmäßig zu finden, im Sommer mit der höchsten beobachteten Häufigkeit. Wie aus Abb. 42b hervorgeht, hat die Art zwei durch die Abwasserstrecke der mittleren Erft getrennte Areale. Im Oberlauf war die Alge besonders häufig an Probenstelle 1 mit stärkerer Strömung und dem geringsten Trophiegrad. Im Unterlauf war sie mit der größten Individuendichte an Probenstelle 14 vertreten. Hier hat die Erft die im gesamten Unterlauf höchste Fließgeschwindigkeit und ist auch bezüglich des allgemeinen Gütebildes deutlich gegenüber den anderen Probenstellen im Unterlauf zum Besseren hin abgesetzt. Während im Oberlauf die Lager auf den Objektträgern bevorzugt in die Breite wuchsen, überwog im Unterlauf das Vertikalwachstum. Die gleichsinnige Abhängigkeit der Wuchsform vom Trophiegrad beschreibt BACKHAUS (1968 c) von den Donauquellflüssen.

Hydrococcus rivularis KÜTZ. (Tafel 5)

Diese Form war nicht sehr häufig, wird aber von anderen Autoren (z. B. BACKHAUS 1968 c) als in kalkreichen Bächen häufig angegeben. Die Abwasserstrecke der Erft wurde völlig gemieden.

Lyngbya kützingii SCHMIDLE (Abb. 42b, S. 70)

Beschränkt auf den Unterlauf trat eine trichale Cyanophyceae auf, deren Trichome mit der Basis festgewachsen und von einer festen, farblosen Scheide umgeben waren. Eine Verjüngung der Fäden an der Spitze konnte nie beobachtet werden, so daß die Verbindung der Form mit *Homoeothrix* unwahrscheinlich ist. Möglich wäre auch die Zuordnung zu *Phormidium foveolarum* GOM. KANN (1970) hat die Bedeutung der starken Einschnürung der Zellen bei *Phormidium foveolarum* als diagnostisches Hilfsmittel hervorgehoben. Solche „getrennte Zellen" konnte ich jedoch nicht beobachten, so daß ich an der Bestimmung *Lyngbya kützingii* festhalten möchte.

Merismopedia sp.

Nur wenige Exemplare im Unterlauf (Probenstellen 9 und 11) im Winter 1967.

Oscillatoria cf. *agardhii* GOM.

Vereinzelte Trichome gelegentlich im Unterlauf, die offenbar nur zufällig angeschwemmt waren.

Oscillatoria angusta KOPPE

Nur Einzelfunde im gesamten Erftlauf.

Oscillatoria formosa BORY (Abb. 42b, S. 70)

Neben einzelnen Trichomen im Oberlauf fand sich die Art nicht selten im Unterlauf, wo sie vor allem an Probenstelle 13 in größerer Regelmäßigkeit und mit Abundanzstufe 3 auftrat.

Oscillatoria limosa AG.

Nur Einzelfunde in allen Flußabschnitten. Einmal konnte im Juli 1967 ein größeres, makroskopisch sichtbares Lager der Art auf Schlamm im Strömungsschatten unterhalb Schönau (Pr. St. 4) gefunden werden.

Oscillatoria putrida SCHMIDLE

Einzelfunde im Mittel- und Unterlauf.

Oscillatoria sp.

Einzeltrichome mehrerer, nicht näher bestimmter *Oscillatoria*-Arten traten an allen Probenstellen auf.

Oscillatoria splendida GREV. ex GOM.

Einzelfunde im Ober- und Unterlauf.

Phormidium autumnale (AG.) GOM.

Diese an sich sehr häufige Art trat auf den Objektträgern kaum auf. Lediglich im Unterlauf konnte sie einige Male mit geringer Häufigkeit auf den Objektträgern gefunden werden. Wenn *Phormidium autumnale* vorkam, besiedelte es stärker eutrophierte Stellen, z. B. solche in der Nähe von durchfeuchtetem Rinderkot an Probenstelle 2A oder an ähnlichen Stellen des Unterlaufes. Diese Beobachtungen stimmen gut mit den Ergebnissen von BEHRE (1961) überein, der die Art im Wesergebiet als guten Verschmutzungsindikator werten konnte. Auch die Einordnung als α-mesosaprobe Leitart bei LIEBMANN (1962) entspricht dem. Im Erftbett selbst kommt die Art kaum vor. Wenn überhaupt vorhanden, sitzt sie auf feuchtem Boden am Gewässerrand. Nach den Feststellungen von SCHWABE (1962) ist sie eine der häufigsten Bodenalgen. In den Donauquellflüssen verhält sich *Phormidium autumnale* nicht eindeutig als Verschmutzungsindikator (BACKHAUS 1968 c).

Phormidium incrustatum (NÄG.) GOM. (Abb. 42b, S.70)

Zusammen mit *Homoeothrix crustacea* WORONICHIN (s. o.) bildet *Phormidium incrustatum* die schon erwähnten dicken, stark verkalkten Krusten auf den Geröllen des Oberlaufes der Erft. Auch auf den Objektträgern verhielt sie sich sehr ähnlich. Obgleich regelmäßig zu finden, erreichte sie nie hohe Abundanzwerte, war also gegenüber dem natürlichen Substrat weit unterrepräsentiert. Auch auf den Objektträgern konnte Kalkinkrustation beobachtet werden. Der Anteil der *Phormidium*-Trichome in den Krusten der Steine war in der Regel drei bis viermal so groß wie der von *Homoeothrix*. Es gibt jedoch auch Krusten, in denen nur eine der beiden Arten vorkommt. Bezüglich der jahreszeitlichen Periodik gilt das bei *Homoeothrix* Gesagte. Im Gegensatz zu letzter verträgt *Phormidium incrustatum* offenbar etwas größere Abwasserbelastung solange hohe Fließgeschwindigkeiten vorliegen, denn sie trat auch unterhalb der Verschmutzung im Raum Bad Münstereifel an Probenstelle 5 auf, war da aber selten.

Pseudanabaena biceps BOECHER

Einzelfunde im Ober- und Unterlauf.

Pseudanabaena catenata LAUTERB. (Abb. 42b, S. 70)

Pseudanabaena catenata fehlte nur in der mittleren Erft. Im Unterlauf wurden etwas größere Mengen als im Oberlauf angetroffen. In beiden Bereichen fehlte sie im Winter. Die Hauptentwicklungszeit lag in den Sommermonaten.

Pseudanabaena galeata BOECHER

Einzelfunde in Ober- und Unterlauf. Eine stärkere Entwicklung der Art wurde Mitte November 1967 beobachtet. Das Bachbett des Kuhbaches war bis unterhalb der Probenstelle 2 infolge der Versickerung (vgl. Abschnitt Hydrogeologie S. 12—13) ausgetrocknet. Kurz oberhalb der eigentlichen Erftquelle drang Wasser aus dem Bachbett auf. Hier war der Mineralschlamm mit großen Lagern von *Pseudanabaena galeata* bedeckt. Diese Massenentwicklung konnte jedoch nur einmal beobachtet werden.

Scopulonema minus (HANSG.) GEITLER
Abb. 42b, S. 70, Tafel 5)

Im Unterlauf mit ausgeprägtem Sommermaximum wuchs eine Cyanophycee auf den Objektträgern, deren

Bestimmung Schwierigkeiten bereitete, weil überwiegend Jugendstadien vorhanden waren, die sowohl *Xenococcus kerneri* HANSG. als auch *Scopulonema minus* (HANSG.) GEITLER angehören konnten. Besonders auf Steinen waren gelegentlich erwachsene Stadien von *Scopulonema* zu finden, so daß ich hier die zweifelhaften Jugendstadien in die Bestimmung von *Scopulonema* mit eingeschlossen habe. Im Gegensatz zu den Aufwuchsträgern konnte *Scopulonema* auch im natürlichen Aufwuchs des Oberlaufes bis zur Probenstelle 5 am Gebirgsfuß gefunden werden, war allerdings recht selten.

Tolypothrix distorta var. *penicillata* (AG.) LEMM.

Sie entwickelte sich nur einmal in einer *Vaucheria*-Rohkultur von Probenstelle 1.

Rhodophyceae

Bangia atropurpurea (ROTH) AG.

Auf Steinen im Unterwasser der Epinghover Mühle oberhalb Neuss.

Batrachospermum moniliforme (L.) ROTH (Tafel 13)

Batrachospermum kommt in den beiden Quellbächen der Erft zeitweise in großen Mengen vor. Es ist jedoch nie auf Glasplatten gewachsen. Offenbar braucht die Entwicklung des *Batrachospermum*- Stadiums aus den *Chantransia*-Vorkeimen so lange Zeit, daß es auf den künstlichen Aufwuchsträgern nicht zur Entwicklung kam. Die jahreszeitliche Entfaltung der Art am natürlichen Standort unterliegt einer ausgesprochenen Periodik, wie die folgende Tabelle zeigt:

Batrachospermum moniliforme

Häufigkeit auf natürlichen Substraten an Probenstelle 1 (Kuhbach oberhalb Frohngau)

1967

Datum:	4. IV.	5. V.	23. V.	27. VI.	28. VII.	15. VIII.	19. IX.	17. X.	14. XI.	11. XII.
Häufigk.:	5	6	4	2-3	(1)	(1)	1	1	1	1

1968

Datum:	2. I.	20. I.	13. II.	5. III.	2. IV.	7. V.
Häufigk.:	1	2	(1)	2	2	2

Häufigkeitsstufen: 1 — sehr selten bis 6 — massenhaft, wie beim Aufwuchs auf dem künstlichen Substrat; () bedeutet, daß die Form nicht direkt an der Probenstelle, aber in der näheren Umgebung vorhanden war.

Batrachospermum moniliforme ist am häufigsten im Oberlauf des Kuhbaches, im weiteren Bereich der Probenstelle 1, wo im Frühjahr zeitweise das Bachbett fast ganz mit dieser Alge ausgekleidet ist. Während des Sommers verschwindet sie weitgehend, d. h. sie zieht sich in den Schatten unter den Brücken zurück. Im Herbst kommt es erneut zu einer stärkeren Entfaltung von *Batrachospermum,* die allerdings 1967 nicht sehr ausgeprägt war.

Compsopogon hookeri MONT. (Abb. 42b, S. 70)

Über das Vorkommen von *Compsopogon hookeri* in der Erft ist schon an anderer Stelle (FRIEDRICH 1966) berichtet worden, so daß hier nur ergänzende Angaben gemacht zu werden brauchen. Die Gattung *Compsopogon* ist tropisch-subtropisch verbreitet und wird in gemäßigten Breiten nur in künstlich erwärmten Fließgewässern und Warmwasser-Aquarien gefunden. Bei der großen Entfernung zu den natürlichen Standorten kann wohl nur Einschleppung mit Aquarienpflanzen und -fischen als Ursache für das Auftreten von *Compsopogon* bei uns angenommen werden, zumal keine Dauerstadien bekannt sind. Auch die Population in der Erft dürfte so zu erklären sein. Diese These wird gestützt durch Material, das mir Herr Dr. Backhaus, Karlsruhe, aus Falkau/Schwarzwald geschickt hatte, wo die Alge in einem Warmwasseraquarium aufgetreten war. Obwohl es sich bei dem Material um kleine Pflanzen von höchstens 10 cm handelte, sprachen doch Habitus und Größe der Monosporen für *Compsopogon hookeri.* Aus der Lippe, einem rechten Nebenfluß des Rheins (nördlich der Erft), hatte mir Herr Dr. Ant. Hamm, Proben geschickt, in denen neben viel *Enteromorpha intestinalis* ebenfalls einige kurze, fast fingerdicke Pflanzen von *Compsopogon hookeri* enthalten waren. Die Lippe ist ebenfalls erwärmt, hat aber einen sehr hohen Kochsalzgehalt. Eigene Nachsuche blieb vergeblich. Wie die Abb. 42b zeigt, ist *Compsopogon hookeri* auf den anomal temperierten Unterlauf (Probenstellen 9 - 14) beschränkt, wo sie sehr häufig ist, und wegen der Größe ihrer Pflanzen (bis zu 3 m und in der Gestalt lebhaft an Pferdeschweife erinnernd) die auffälligste Erscheinung im Wasser bildet. Sie wurde auch auf den Aufwuchsträgern sehr häufig bis zu 10 cm lang (bei 4 Wochen Expositionszeit). Von November bis Februar fehlte sie auf den Glasplatten und ist zu der Zeit auch sonst sehr selten, zudem nur in Gestalt kleiner Exemplare vorhanden. Im März/April beginnt dann sehr rasch ein intensives Wachstum. Die bis zu 3 m langen „Frühjahrspflanzen" werden etwa einen Zentimeter dick, schwimmen dann an der Wasseroberfläche und sterben ab. Im Hochsommer und Herbst kann man neben normal gestalteten Individuen an Stellen geringer Strömung kurze, kaum verzweigte Pflanzen finden, die eine runzelige Oberfläche besitzen. Über die Ursache des Auftretens dieser atypischen Wuchsform kann nichts Sicheres gesagt werden. Zur jahreszeitlichen Periodik von *Compsopogon*-Arten ist in der Literatur kaum etwas zu finden. Nach eigenen Beobachtungen an einem Aquarium ohne künstliche Beleuchtung, in das *Compsopogon hookeri* — allerdings nicht aus der Erft — eingeschleppt war, folgt die Periodik der im Freiland vorhandenen. Von den natürlichen Standorten hat KHAN (1970) für *Compsopogon iyengarii* in Dehra Dun (Nordindien) als Hauptwachstumszeit August bis Oktober angegeben. WHITFORD und SCHUMACHER (1968) geben für *Compsopogon coeruleus* (BALBIS) MONTAGNE an, daß die Alge eine Sommerform ist. Als Grenzwerte

für die Temperaturansprüche sind 15—22° C genannt. Dies entspricht dem Vorkommen von *Compsopogon hookeri* in der Erft. Die Autoren bezeichnen *Compsopogon coeruleus* als Schwachlichtform (2—200 Lux.) Obgleich an der Erft keine Lichtmessungen ausgeführt wurden, kann gesagt werden, daß *Compsopogon hookeri* hier keine Schwachlichtform ist. Ein quantitativer Unterschied zwischen beschatteten und lichtexponierten Stellen war nirgends zu finden und auch im Sommer konnte intensives Wachstum beobachtet werden.

Lemanea fluviatilis C. AG.

Während diese Art in Urgesteinsbächen der Eifel (obere Rur, Olef, Kall) häufig ist und dort große Bestände bildet, kommt sie in der alkalischen, eutrophen Erft nur an wenigen Stellen vor. Auf Objektträgern ist sie nie gewachsen. Unterhalb Schönau (Probenstelle 4) und bei Iversheim (Probenstelle 5) erschien die Alge jeweils auf nur wenigen Steinen im natürlichen Aufwuchs an strömungsexponierten Stellen regelmäßig von April bis Juli. Gelegentlich späterer Untersuchungen konnte sie auch im August und September mit wenigen Individuen gefunden werden. Die Hauptentwicklungszeit reicht vom Frühling bis zum Sommer. Dies zeigte sich auch bei vergleichenden Beobachtungen an den Eifelbächen Rur und Kall.

Pseudochantransania sp. (Abb. 42b, S. 70, Tafel 6)

Chantransia-Stadien, sowohl kriechende Fäden als auch Wassertriebe, wurden — abgesehen von der Abwasserstrecke der Erft — überall gefunden. Allerdings handelt es sich dabei um zwei verschiedene Typen. In der normal temperierten Erft kommt eine Form vor, die olivbraun gefärbt ist und kürzere Zellen sowie dickere Zellwände an den Wassertrieben besitzt (Typ I) als die *Chantransia*-Form des anormal temperierten Unterlaufes (Typ II). Das Vorkommen der *Pseudochantransia* Typ I ist im Oberlauf mit dem Vorhandensein von *Batrachosperum* und *Lemanea* korreliert, so daß sie diesen beiden zugeordnet werden könnte. Zwar traten *Chantransia*-Stadien auch weiter unten in der Erft auf, ohne daß die beiden Algen dort gefunden werden konnten, doch ist dies eine allgemeine Erscheinung, daß in abwasserbelasteten Fließgewässern wohl Chantransien, nicht aber die zugehörenden *Batrachospermum*-Stadien auftreten. Merkwürdigerweise trat auf den Objektträgern der Probenstelle 5 kaum *Chantransia* auf, obgleich sie auf der Leeseite der Steine zeitweise recht häufig war (Mai 1968 Häufigkeitsstufe 2—3). An Probenstelle 6 wurden einige Male bei sehr niedrigem Wasserstand *Chantransia*-Wasserstämme gefunden (Frühjahr 1967), ebenfalls im Lee der Steine im Bachbett.

Die *Pseudochantransia* des Unterlaufes ist sehr häufig auf allen festen Substraten, insbesondere auf Blattstielen von *Potamogeton natans*. Auch auf den Objektträgern war die Art oft in großen Mengen zu finden, wie die Abb. 42b zeigt. Die morphologischen Unterschiede der beiden Formen sind aus der folgenden Aufstellung zu entnehmen.

	Pseudochantransia Typ I	*Pseudochantransia* Typ II
Verbreitung	Ober- u. Mittellauf	Unterlauf
Durchmesser d. Zellen d. Hauptäste	(13) - 15 - 18 µm	12,5 - 14 - 15 µm
Dicke der Zellwände	3,2 - 3,8 µm	2,5 - 3 µm
Verhältnis Breite zu Länge d. Zellen	1: (1) 1,5 (2,5)	1: (2,5) 3
Verzweigung	vorwiegend oberh. d. Mitte d. Stämme	vorwiegend unterh. d. Mitte d. Stämme
Lager	halbkugelig, meist 1 mm, höchstens 2 mm im Durchm.	halbkugelig, meist 2 - 5 mm im Durchmesser
Farbe makroskopisch	schwarzblau	schwarzblau
Farbe mikroskopisch	olivbraun	hell-oliv
Monosporen	selten bis häufig	sehr häufig
Winkel der Äste zum Stamm	unter 45°	unter 45°

Die *Pseudochantransia* des Unterlaufes (Typ II) halte ich für *Pseudochantransia chalybaea* (ROTH) BRAND. Soweit es sich aus der nur sehr kurzen Beschreibung von HANSGIRG (1886) entnehmen läßt, handelt es sich dabei um die var. *thermalis*, die allerdings nicht nur in Abflüssen von Thermen vorkommt. Bei *Pseudochantransia* Typ I erscheint mir die Zuordnung zu einem bestimmten Taxon nicht sicher, obwohl es eigentlich kaum zweifelhaft sein kann, daß hier *Chantransia*-Stadien von *Batrachospermum moniliforme* bzw. von *Lemanea fluviatilis* vorliegen.

Cryptophyceae

Diese Algenklasse war sowohl im Aufwuchs als auch in der fließenden Welle kaum vertreten. Hin und

wieder wurden einzelne Individuen von *Cryptomonas ovata* EHRB. und anderer nicht näher bestimmter *Cryptomonas*-Arten gefunden. *Chroomonas nordstedtii* HANSG. trat einige Male an den Probenstellen des Ober- und Unterlaufes auf.

Chrysophyceae

Anthophysa vegetans (O. F. MÜLL.) STEIN
(Abb. 42c, S. 76)

Nach den Untersuchungen von PRINGSHEIM (1946, 1952, 1966) bedarf der Flagellat zum optimalen Wachstum in Kulturen nicht mehr Eisen oder Mangan als normale Spurenelementlösungen für Algenkulturen enthalten müssen. Jedoch tritt die Braunfärbung der Stiele durch Manganfällung erst bei höherer Mn-Konzentration ein, als zum Gedeihen der Art nötig ist. Eisen wird nach PRINGSHEIM (1966) nicht eingelagert. Dies steht im Widerspruch zur allgemeinen Literatur über Eisenorganismen (z. B. BEGER 1966 und LIEBMANN 1962). Sehr gut paßt dagegen die Einstufung von *Anthophysa* als Leitorganismus der α-mesosaproben Stufe (LIEBMANN 1962, SLÁDEČKOVÁ und SLÁDEČEK 1963) mit der von PRINGSHEIM (1966) festgestellten Tatsache überein, daß die Art nur bei Anwesenheit von Bakterien kultiviert werden kann. Zum optimalen Milieu gehören eine Temperatur von 15°C und ein pH-Wert um 6,5. Nach BICK und SCHOLTYSEK (1960) ist *Anthophysa* gegenüber NH_4^+ sehr tolerant. Die beiden Autoren fanden die Art bei 4,4 mg/l NH_4^+ zahlreich und in geringer Menge sogar bis 16 mg/l. Allgemein wird *Anthophysa* bei LIEBMANN (l. c.) als sehr verbreitet mit Sommermaximum charakterisiert. Nach den vorstehenden Feststellungen wäre *Anthophysa* auch in der Erft häufig zu erwarten. Wie aus der graphischen Darstellung (Abb. 42c) hervorgeht, ist sie — abgesehen vom Oberlauf — eine der häufigsten Formen des Aufwuchses der Erft. Da *Anthophysa* heterotroph ist, sollte man folgern, daß sie im Sommer deshalb am häufigsten ist, weil die Verhältnisse dann ihrem Temperaturoptimum am ähnlichsten sind. Trotz der hohen Wassertemperaturen im Winter war *Anthophysa* in der unteren Erft zu dieser Zeit selten, behielt also auch bei anomalen thermischen Verhältnissen ihre normale Rhythmik bei. Dagegen beobachtete SLÁDEČKOVÁ (1966) in der Sedlice-Talsperre *Anthophysa*-Maxima von November bis Januar und im März.

Die Beobachtung von PRINGSHEIM (1966), wonach die Köpfchen in den Kulturen ziemlich fest am Stiel haften, kann anhand der Freilanduntersuchungen auch für natürliche Populationen bestätigt werden, denn in der Regel saßen die Köpfchen auf ihren Stielen und leere Stiele waren sehr selten.

Bicoeca petiolatum (STEIN) PRINGSHEIM

Einzelfunde im Unterlauf (Probenstelle 11, geringe Strömung) im August und Dezember.

Codosiga botrys (EHRBG.) KENT (Abb. 42c, S. 76)

Diese Art, besser bekannt unter dem Namen *Codonosiga botrydis*, war am häufigsten im Mittellauf bei Liblar und im Unterlauf bei Neuss, wo sie zeitweise mittlere Häufigkeit (Stufe 3) erreichte. An den anderen Probenstellen ist sie möglicherweise in der Tabelle etwas unterrepräsentiert, denn die zarte Form ist zwischen dichtem Aufwuchs sehr leicht zu übersehen. Selten im Oberlauf bei Probenstelle 3, war *Codosiga* sonst mit Ausnahme der Probenstelle Gustofer Mühle im Unterlauf überall gelegentlich vorhanden. Als gute Indikatorart für eine Gewässergüte-Stufe ist sie nach ihrem Vorkommen in der Erft nicht zu bewerten. SLÁDEČKOVÁ und SLÁDEČEK (1963) sind zum gleichen Ergebnis gekommen.

Dinobryon sociale var. *americanum* (BRUNNTH.) BACHM.

Zwischen den Aufwuchsalgen Einzelfunde im Mittellauf.

Hydrurus foetidus AG. (Abb. 42c, S. 76, Tafel 6)

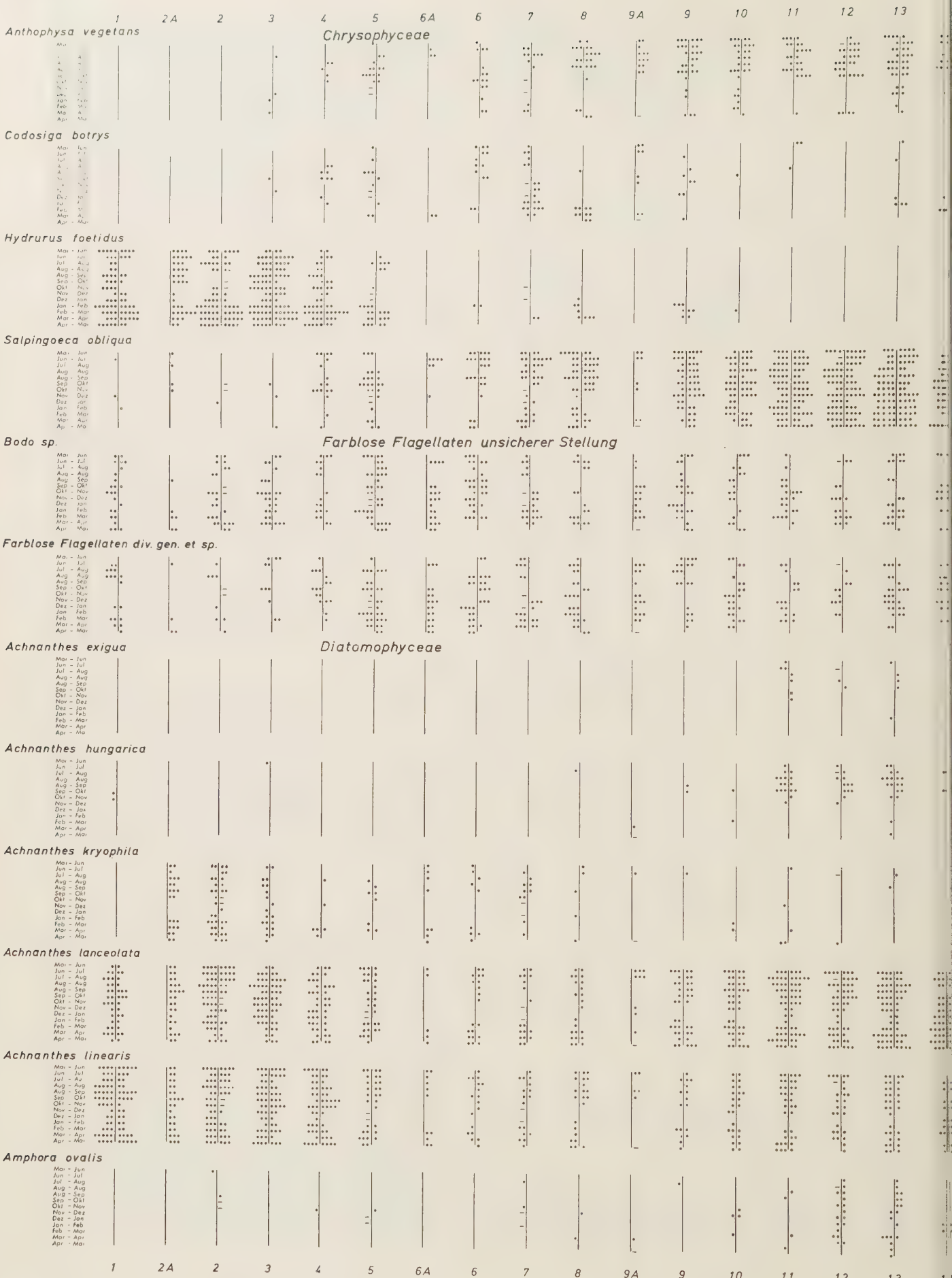
Im Februar beginnt die makroskopisch sichtbare Entwicklung von typischen *Hydrurus*-Schläuchen im Oberlauf der Erft. Von März bis April erreicht die Art so hohe Individuendichte, daß das gesamte Bachbett völlig ausgekleidet ist. Im Mai bricht die Population dann rasch zusammen. Im Oktober und November kommt es erneut, allerdings in wesentlich schwächerem Maße, zu makroskopisch sichtbarer Entwicklung der Alge. Die beste Entwicklung, d. h. Ausbildung langgestreckter Schläuche, erfährt *Hydrurus* in der Strömung, während er im Strömungsschatten kurz bleibt. BACKHAUS (1968 c) hat als Schwellenwert für die Ausbildung großer Gallertschläuche von *Hydrurus* einen Meter pro Sekunde Strömungsgeschwindigkeit gefunden.

Im Gegensatz zum makroskopischen Befund zeigt die Untersuchung des Aufwuchses auf Glasplatten, daß *Hydrurus* ganzjährig wächst. Allerdings wird die Art im Sommer und Winter nicht groß und bleibt selten. In der Zeit schwachen Wachstums bildet die Alge flache, manchmal nur einschichtige Lager, deren Zugehörigkeit zu *Hydrurus* jedoch sicher ist, denn es konnten alle Übergänge zur typischen Ausbildung gefunden werden (vgl. Tafel 6). BACKHAUS (1968 c) hat zuerst auf diese „Übersommerungsformen" hingewiesen.

Der Hauptbiotop von *Hydrurus*, der als kaltstenotherme Bergbachform gilt (WEHRLE 1942), ist der saubere Oberlauf der Erft (Probenstellen 1 - 4). An der durch häusliche Abwässer verschmutzten Probenstelle bei Iversheim trat die Alge vor allem z. Z. ihres Entwicklungsmaximums auf. Zur gleichen Zeit waren sehr junge, wenigzellige Individuen auch in der Abwasserstrecke und sogar noch im Unterlauf (Paffendorf mehrfach, Kaster einmal) zu finden. Zu dieser Zeit waren offenbar so viele Schwärmer produziert worden, daß zumindest einige, weit entfernt vom typischen Standort, zu kurzer Entwicklung gelangen konnten.

Makroskopisch war *Hydrurus* unterhalb der Probenstelle 5 bei Iversheim nie zu sehen. Zysten wurden gelegentlich während der Hauptvegetationszeit gefunden, besonders häufig waren sie im März 1968 an Probenstelle 3.

Abb. 42c



Legende siehe S. 65

Mallomonas acaroides PERTY em. KRIEGER

Einzelfunde im Dezember (Mittellauf, Probenstellen 6 und 7) und im März (Unterlauf, Probenstelle 14).

Salpingoeca obliqua (FOTT) BOURR. (Abb. 42c, S. 76)

1960 hat FOTT die Art *Pachysoeca obliqua* als Epiphyt von planktischen und benthischen Algen aus mäßig eutrophen Teichen beschrieben. HEYNIG (1966) beschrieb ebenfalls epiplanktisches Vorkommen. SLÁDEČKOVÁ (1964) fand die Art häufig periphytisch auf Glasplatten in der Fláje-Talsperre (CSSR). Wie die graphische Darstellung der Verbreitung von *Salpingoeca obliqua* zeigt, ist die Art eine der Massenformen in der Erft. An den obersten Probenstellen selten, trat sie ab Probenstelle 4 häufiger auf und hatte ganzjährig mit hoher Abundanz ihren Schwerpunkt in der unteren Erft. Die Art ist auch im Aufwuchs anderer Gewässer des weiteren Gebietes häufig und ein typisches Beispiel dafür, daß manche Periphyton-Arten erst bei Verwendung durchsichtiger künstlicher Substrate gefunden und ihrer Häufigkeit nach richtig eingeschätzt werden können. Auf Blättern von Wasserpflanzen konnte die Art ebenfalls oft gefunden werden, vor allem, wenn diese nicht sehr stark von anderen Algen bzw. Detritus bedeckt waren.

Nach SLÁDEČKOVÁ und SLÁDEČEK (1963) verträgt die Art höhere Gehalte organischer Substanzen, ist jedoch kein Indikator einer spezifischen Verschmutzungsstufe. Neuerdings gilt *Salpingoeca obliqua* als vorwiegend β-mesosaprob mit geringem Indikationsgewicht sowie Ausstrahlungen in den oligo- und α-mesosaproben Bereich (BREITIG 1970).

In der Erft hat *Salpingoeca obliqua* ihren Schwerpunkt im β-mesosaproben bis α-mesosaproben Bereich. Eine eindeutige jahreszeitliche Periodik ist nicht zu erkennen. Ebensowenig kann die Art als Indikator für erhöhten Eisengehalt des Wassers angesehen werden. Am wahrscheinlichsten erscheint es, daß sie sich gegenüber Eisen und Mangan ähnlich wie *Anthophysa* und *Siderocapsa* verhält, also mit den normalerweise in unseren Gewässern vorhandenen Mengen auskommt.

Sphaleromantis tetragona SKUJA
Einzelfund im Unterlauf (Probenstelle 14)

Synura petersenii KORCH.

Als typischer Plankter ist dieser Flagellat nur einige Male im Mittel- und Unterlauf zwischen den Aufwuchsalgen schwimmend angetroffen worden.

Farblose Flagellaten unsicherer Stellung

Verschiedene, frei bewegliche farblose Flagellaten, die nicht näher bestimmt wurden, traten zu allen Jahreszeiten und an allen Probenstellen mit Häufigkeiten von Stufe 1 bis 3, sehr selten sogar 4, auf (vgl. Abb. 42c, S. 76)

Bodo STEIN

Flagellaten der Gattung *Bodo* (Abb. 42c, S. 76) waren überall in der Erft vorhanden, wurden jedoch nicht bis zur Art bestimmt. FJERDINGSTAD (1965) charakterisiert eine Reihe von *Bodo*-Arten als saprobiontisch. Auch an den obersten, kaum verschmutzten Probenstellen waren zeitweise recht hohe Abundanzen festzustellen, was den genannten Ergebnissen von FJERDINGSTAD zunächst entgegensteht. Da es sich dabei aber um Tage mit Hochwasser handelt, liegt der Verdacht nahe, daß die Flagellaten überwiegend eingeschwemmt waren. Im Mittel- und Unterlauf kamen *Bodo*-Arten mehr oder weniger regelmäßig zu allen Jahreszeiten vor.

Rhynchomonas nasuta (STOCKES) KLEBS

Einzelfunde in allen Erftabschnitten.

Xanthophyceae

Tribonema DERBÈS et SOLIER (Tafel 6)

Tribonema-Fäden wurden auf den Objektträgern selten im Frühjahr gefunden. *Tribonema vulgare* PASCHER kam an Probenstellen des Oberlaufes (1, 2A, 2) vor, wo sie zur gleichen Zeit in Stillwasserbereichen kleine Watten bildete. Sehr selten trat *T. vulgare* auch im Unterlauf an den Probenstellen 12 und 14 auf. *T. affine* WEST war noch seltener und auf den Unterlauf (Probenstellen 9 und 12) beschränkt.

Vaucheria DE CANDOLLE

Arten der Gattung *Vaucheria* stellten im Oberlauf ebenso wie im Unterlauf zeitweise einen erheblichen Anteil am natürlichen Aufwuchs. Auf den Objektträgern wurden sie zwar auch gefunden, hier aber — im Verhältnis zu ihrem Anteil an der Besiedlung der natürlichen Substate — weit unterrepräsentiert. Deshalb ist auf Abb. 43 ihre geschätzte Häufigkeit im natürlichen Aufwuchs eingetragen. Fertiles Material wurde nie gefunden. In den meisten Fällen konnte Zygotenbildung durch Rohkulturen in Standortwasser erlangt werden. *Vaucheria* besitzt eine ausgeprägte jahreszeitliche Periodik und zeigt entlang des Flusses eine deutliche Differenzierung. An der obersten Probenstelle fiel die Hauptentwicklungszeit in die Monate Februar bis April, an Probenstelle 2 lag das Maximum zeitlich etwas später (im Mai). In den Sommermonaten waren *Vaucheria*-Polster nicht häufig, z. T. waren makroskopisch überhaupt keine Lager zu erkennen. Im Herbst (September/Oktober) trat ein zweites schwaches Maximum auf. Bei Probenstelle 3 waren *Vaucheria*-Polster auch im Sommer zu finden.

Die Hauptmasse stellte *Vaucheria sessilis* (VAUCH.) DC., daneben kamen häufiger V. *woroniniana* HEERING und *V. debaryana* WORONIN vor. Sehr selten war *V. pachyderma* WALZ, die nur zweimal gefunden werden konnte: Im Dezember an Probenstelle 2 und im März an Probenstelle 5. Letzter Fund war der einzige von *Vaucheria*-Arten zwischen den Probenstellen 3 und 9A, denn der Mittellauf wird von *Vaucheria* völlig gemieden. Sowohl die starke Verschmutzung als auch der hohe Trübungsgrad des Wassers verhindern ihr Vorkommen.

Erst ab Probenstelle 9A im Kerpener Wald trat die Gattung wieder auf und dann gleich in höherer Abun-

danz. Allerdings ist der Hauptstandort der semiaquatische Streifen feuchten Bodens nahe der Mittelwasserlinie, der oft wochenlang trocken fällt.

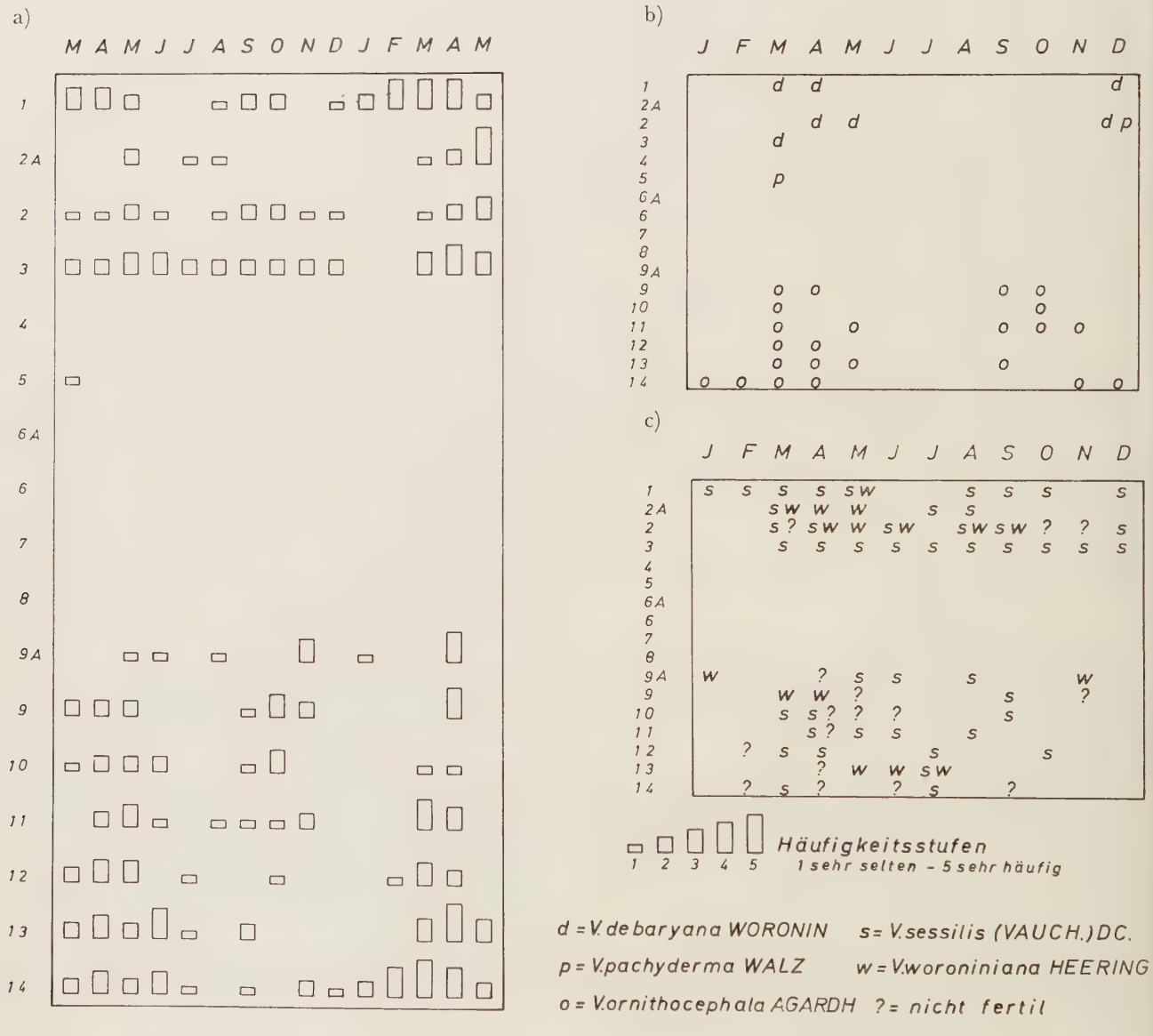
Die Hauptentfaltungszeit lag genau wie im Oberlauf im Frühjahr (März-Mai), dazu stellenweise noch ein Maximum im Oktober-November. Im Dezember und Januar waren Vaucherien kaum zu finden.

Während *Vaucheria sessilis* und *Vaucheria woroniniana* im Oberlauf und Unterlauf vorkamen, fehlten im Unterlauf *Vaucheria debaryana* und *pachyderma*. An ihre Stelle trat *Vaucheria ornithocephala*.

Über die saprobiologische Stellung der *Vaucheria*-Arten gehen die Meinungen in der Literatur auseinander. *Vaucheria sessilis* wird bei LIEBMANN (1962) und FOTT (1971) als β-mesosaprob angesehen. Nach FJERDINGSTAD (1965) ist die Art saproxen. BUDDE (1928 a, b) fand die Art besonders reichlich in den Kalkquellen und -bächen des Sauerlandes, also an der oberen Erft entsprechenden Standorten. In der Erft ist die Art häufig im eutrophen, unverschmutzten Oberlauf und tritt dann im β-mesosaproben Unterlauf genauso häufig an gut belüfteten Stellen wieder auf.

Vaucheria debaryana stellt LIEBMANN (1962) in die oligosaprobe Stufe. Dem entspricht das Vorkommen in der Erft weitgehend. *Vaucheria ornithocephala* klassifiziert FOTT (1971) als Indikatorart des β-mesosaproben Gütezustandes. Das Vorkommen in der Erft stimmt damit in soweit überein, als die Art im Unterlauf vorkommt. Weshalb sie im Oberlauf fehlt, bleibt offen. *Vaucheria woroniniana* zeigt in der Erft das gleiche ökologische Verhalten wie *Vaucheria sessilis*, also das einer oligo- bis β-mesosaproben Alge.

Abb. 43 Häufigkeit a) und Verbreitung (b+c) von *Vaucheria*-Rasen auf natürlichen Substraten (März 1967 - März 1968)



Diatomophyceae

Achnanthes coarctata (BRÉB.) GRUN.

Einzelfunde im Oberlauf (Probenstellen 1-4)

Achnanthes exigua GRUN. (Abb. 42c, S.76, Tafel 7)

Nur im Unterlauf (Probenstellen 11-13) in geringer Menge. Das eigentliche Verbreitungsgebiet der Alge sind nach HUSTEDT (1957) die Tropen. Sie tritt aber gelegentlich auch in Gewässern Mitteleuropas auf. Ein fördernder Einfluß des wärmeren Wassers in der unteren Erft ist aus ihrem Vorkommen in dem Gewässer nicht abzuleiten.

Achnanthes hungarica GRUN. (Abb. 42c, S. 76, Tafel 7)

Neben Einzelfunden im Ober- und Mittellauf häufig im Unterlauf, vor allem an den Probenstellen 11-13, hauptsächlich im Sommer. Mit den Angaben von ZELINKA und MARVAN (1961), wonach die Alge stärker die α-mesosaprobe als die β-mesosaprobe Stufe besiedelt, stimmt ihre Verbreitung in der Erft nicht überein. Nach CHOLNOKY (1968) liegt ihr pH-Optium bei 8,5, verbunden mit hoher Sauerstoffsättigung. Danach sollte man sie im Oberlauf häufiger erwarten.

Achnanthes kryophila PET. (Abb. 42c. S. 76, Tafel 7)

Mit großer Regelmäßigkeit und mäßig hoher Individuendichte besiedelte diese Art den Oberlauf ab Probenstelle 2A, kam aber mit geringer Individuendichte ziemlich häufig im Mittel- und vereinzelt im Unterlauf vor. Man könnte sie als Form des sauberen Oberlaufes ansehen, die nur infolge Verdriftung die übrigen Abschnitte der Erft besiedelt. Als Saprobie-Indikator kommt sie nur bei Massenentwicklung in Betracht.

Achnanthes lanceolata (BRÉB.) GRUN.
(Abb. 42c, S. 76, Tafel 8)

Überall in der Erft zu finden, hatte die Alge zwei deutliche Besiedlungsschwerpunkte. Im Oberlauf war *Achnanthes lanceolata* besonders häufig an den Probenstellen 2A, 2 und 3, regelmäßig aber mit Häufigkeiten bis zu Stufe 3 auch an den Probenstellen 1, 4 und 5. An der sehr stark verschmutzten Probenstelle 6A trat sie ganz vereinzelt auf. Hier dürfte es sich nur um Verschleppung handeln, wobei kaum Vermehrung auf den Aufwuchsträgern eintrat, denn es konnten hier stets nur einzeln liegende Individuen beobachtet werden. An den anderen Probenstellen des Mittellaufes war die Art auch ziemlich selten. Immerhin zeigte die mikroskopische Untersuchung der bewachsenen Objektträger, daß gelegentlich mehrere lebende Individuen dicht beieinander lagen, was auf eine Vermehrung an dieser Stelle hindeutet. Ab Paffendorf (Probenstelle 9) war *Achnanthes lanceolata* regelmäßig vorhanden und zeigte an den Probenstellen 11-13 sogar Massenentwicklung. Ein jahreszeitliches Maximum ist nicht klar ersichtlich. Eventuell könnte man die Alge als Sommerform bezeichnen. Im Winter war sie ziemlich selten, vor allem im Mittel- und Unterlauf. Der Einstufung bei ZELINKA und MARVAN (1961) als oligo- bis β-mesosaprobe Art mit Ausstrahlung ins α-mesosaprobe Milieu entspricht das Vorkommen in der Erft weitgehend. Nach CHOLNOKY (1968) hat die Alge ein hohes Sauerstoffbedürfnis und ist besonders in alkalischen Gewässern häufig. Auch mit dieser Aussage stimmen die Verhältnisse in der Erft überein.

Achnanthes linearis (W. SM.) GRUN.
(Abb. 42c, S. 76, Tafel 7)

Typische Exemplare waren verhältnismäßig selten, stattdessen besaß die weitaus häufigste Form leicht kopfige Enden, die auf *Achnanthes microcephala* deuten, wie sie bei PATRICK und REIMER (1966) abgebildet ist. Dagegen geben die Abbildungen von HUSTEDT (1959, S. 377 in RABENHORSTS Kryptogamenflora und SCHMIDTS Atlas, 1937, Tafel 410) wesentlich schlankere Formen wieder. Bei *Achnanthes linearis* ist besonders im SCHMIDTschen Atlas (Tafel 412, Abb. 21 und 22) deutlich eine schwache, kopfige Abschnürung der Enden angegeben. Deshalb halte ich die in der Erft als Massenform gefundene Alge für *Achnanthes linearis*. Die höchste Stetigkeit und Massenentfaltung trat oberhalb Frohngau (Probenstelle 1) auf. Es konnte jedoch bis Schönau (Probenstelle 4) Häufigkeitsstufe 5 beobachtet werden. Ab Probenstelle 5 (unterhalb Bad Münstereifel) war *Achnanthes linearis* zwar weiterhin auf der gesamten Strecke bis zur Mündung regelmäßig vorhanden, erreichte jedoch nur sehr selten im Unterlauf noch einmal Häufigkeitsstufe 3. Unter Berücksichtigung nur höherer Abundanzwerte ist *Achnanthes linearis* durchaus als oligosaprob anzusehen, wie bei ZELINKA und MARVAN (1961) geschehen.

Amphipleura pellucida KÜTZ.

Einzelfunde an den Probenstellen 2 und 12.

Amphora normani RABH. (Tafel 7)

Einzelfunde im Unterlauf.

Amphora ovalis KÜTZ. (Abb. 42c, S. 76)

Abgesehen von Einzelfunden im Ober- und Mittellauf erschien die Art regelmäßig, wenn auch nie sehr häufig im Unterlauf mit Schwerpunkt an den Probenstellen 12 und 13 (schwache Strömung).

Amphora ovalis var. *pediculus* (Abb. 42d, S. 80)

Wesentlich häufiger als die Art selbst war die Varietät *pediculus*. Ihren Schwerpunkt hatte die Alge im Oberlauf, wo sie meist eine untergeordnete Rolle spielte, aber doch regelmäßig vorhanden war. Den Mittellauf fast völlig meidend, war die Varietät im Unterlauf wieder regelmäßiger zu finden.

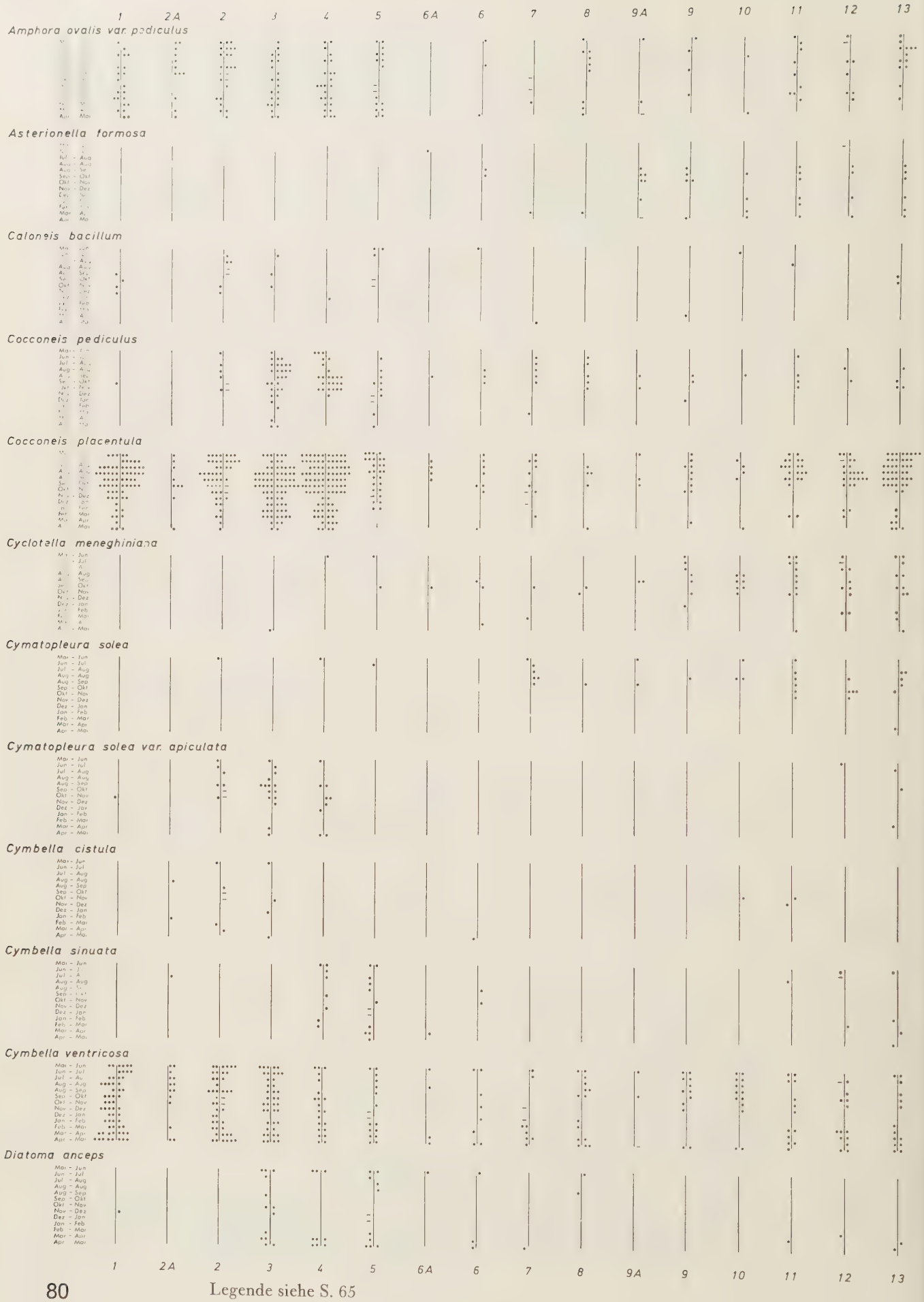
Asterionella formosa HASSALL (Abb. 42d, S. 80)

Diese Planktonform war vor allem im zweiten Untersuchungsjahr im Unterlauf öfter auf den Objektträgern vorhanden, allerdings nur angetrieben.

Caloneis bacillum (GRUN.) MERESCHKOWSKY
(Abb. 42d, S. 80)

Häufiger im Oberlauf und vereinzelt im Unterlauf war die Art ein sehr untergeordnetes Glied der Algengesellschaft auf den Objektträgern.

Abb. 42d



Legende siehe S. 65

Caloneis silicula (EHRBG.) CLEVE (Tafel 7)

Die typische Form sowie die var. *truncatula* GRUNOW einige Male im Unterlauf.

Cocconeis pediculus EHRBG. (Abb. 42d, S. 80)

Regelmäßig, nur im Sommer und Herbst zeitweise häufig, war die Art an den Probenstellen 3 und 4 vertreten. Darüber hinaus kam sie vereinzelt an fast allen anderen Probenstellen ebenfalls vor. Die Art war in der Erft erheblich seltener als die Schwesterart *Cocconeis placentula,* bevorzugte aber die gleichen Probenstellen. Dagegen wuchs *Cocconeis pediculus* sehr häufig epiphytisch auf *Cladophora.* Die auffällige Bevorzugung des Kleinbiotopes „*Cladophora*-Faden" durch *Cocconeis pediculus* scheint eine allgemeine Erscheinung zu sein, wie die vielen Hinweise in der Literatur zeigen (BACKHAUS 1968 c, BEHRE 1956, EICHENBERGER 1967 a, RAABE 1951, SCHLÜTER 1961). Nach ZELINKA und MARVAN (1961) hat *Cocconeis pediculus* seinen Schwerpunkt stärker in β-mesosaproben Gewässern, während *Cocconeis placentula* den oligosaproben Zustand bevorzugt. Nach HUSTEDT (1957) und SCHEELE (1952) verhalten sich beide Arten genau umgekehrt, zudem sei *Cocconeis pediculus* halophil, *Cocconeis placentula* aber indifferent.

Cocconeis placentula EHRBG. (Abb. 42d, S. 80)

Neben der typischen Form war die var *euglypta* (EHRBG.) CLEVE eine der Massenformen in der Erft. Vor allem im Sommer war der Aufwuchs auf den Glasplatten im sauberen Oberlauf zum größten Teil von dieser Kieselanlage zusammen mit *Ulvella frequens* (vgl. dort) gebildet.

Das Entwicklungsmaximum lag an den Oberlauf-Probenstellen 1, 3 und 4. Bei den Probenstellen 2A und 2 konnte sich die Alge nicht so gut entfalten, weil durch mineralisches Feinmaterial aus einem Kalksteinbruch das Substrat für die Algen ungünstig beeinflußt wurde, denn auf den feinen Kristallen konnten sich *Cocconeis*-Zellen nicht bzw. nur sehr schlecht ansiedeln. Außerdem ist die Probenstelle 2 zeitweise wegen Austrocknung (vgl. Hydrogeologie S. 12 - 13) ausgefallen. An der stärker verunreinigten Probenstelle 5, wo *Ulvella* nicht mehr vorkam, war *Cocconeis placentula* erheblich seltener, wenn auch sehr regelmäßig vorhanden. Im Mittellauf erschienen stets nur Einzelindividuen auf den Objektträgern und erst im Unterlauf, ab Gustorf, wurden wieder höhere Abundanzwerte erreicht. Während die Alge im Oberlauf fast das ganze Jahr über wuchs, mit Maximum im Sommer und Herbst, fehlte sie im Unterlauf während der Wintermonate völlig bzw. war sehr selten. Nach ihrem Vorkommen in der Erft ist *Cocconeis placentula* obligo- bis β-mesosaprob. Dies wird auch durch andere Untersucher bestätigt (HORNUNG 1959, WEBER und RASCHKE 1966).

Cyclotella comta (EHRBG.) KÜTZ.

Cyclotella meneghiniana KÜTZ. (Abb. 42d, S. 80)

Cyclotella ocellata PANT.

Cyclotella stelligera CL. et GRUN.

Die aufgefundenen Arten der Gattung *Cyclotella* sind hauptsächlich Plankter und nur im Mittel- und Unterlauf der Erft als Einzelindividuen auf den Objektträgern vorhanden gewesen. Lediglich *Cyclotella meneghiniana* war häufiger im Aufwuchs und die einzige Art, die regelmäßig — aber stets nur selten — gefunden werden konnte.

Cylindrotheca gracilis (BRÉB.) GRUN.

Einzelfund an Probenstelle 11.

Cymatopleura solea (BRÉB.) W. SMITH
(Abb. 42d, S. 80)

Einzelfunde im Oberlauf und Mittellauf, etwas regelmäßiger im Unterlauf, nie sehr häufig.

Cymatopleura solea var. *apiculata*
(W. SMITH) RALFS (Abb. 42d, S. 80)

Diese Varietät trat vor allem im Sommer regelmäßig im Oberlauf an den Probenstellen 2-4 auf. Daneben konnte sie einige Male im Unterlauf gefunden werden.

Cymbella cistula (HEMPRICH) GRUN.
(Abb. 42d, S. 80)

Stets nur vereinzelt an den Oberlauf-Probenstellen 2A, 2 und 3 sowie im Unterlauf an den Probenstellen 10 und 12.

Cymbella gracilis (RABH.) CLEVE

Einzelfund im Oberlauf (Probenstelle 4).

Cymbella parva (W. SMITH) CLEVE

Vereinzelt von April bis November im Oberlauf (Probenstellen 1, 2A, und 2).

Cymbella sinuata KÜTZ. (Abb. 42d, S. 80, Tafel 7)

Stets nur vereinzelt in allen Erftabschnitten, vor allem im unteren Oberlauf (Probenstellen 4 und 5) zu finden.

Cymbella tumida (BRÉB.) v. HEURCK (Tafel 7)

Einzelfund im Unterlauf (Probenstelle 13).

Cymbella turgida (GREGORY) CLEVE (Tafel 7)

Einzelfunde im Oberlauf (Probenstelle 2) und Unterlauf (Probenstelle 11).

Cymbella ventricosa KÜTZ. (Abb. 42d, S. 80)

An den obersten Probenstellen 1, 2, z. T. auch 2 A und 3 liegt das Hauptentfaltungsgebiet von *Cymbella ventricosa,* die an allen Probenstellen regelmäßig mit Ausnahme der Wintermonate beobachtet werden konnte. Die Alge bevorzugt in der Erft hohe pH-Werte (um 8 und darüber), verbunden mit sehr guter Sauerstoffversorgung und hohem Nährstoffangebot, während Verschmutzung deutlich gemieden wird. Da die Art auch

sonst zu Massenentwicklung neigt (z. B. im Bodenseelitoral, MATTERN 1970), scheint sie als Indikatorart geeignet, wenn sie in größeren Mengen auftritt. HORNUNG 1959 fand dagegen das Entwicklungsmaximum der Art bei mittlerem Verschmutzungsgrad. Nach FOGET (1948) ist die Art rheophil. In dieser allgemeinen Formulierung kann die Feststellung auf die Erft nicht übertragen werden.

Denticula tenuis var *crassula* (NAEGELI) HUST. (Tafel 7)

Stets nur Einzelindividuen einige Male entlang der ganzen Erft (Probenstellen 1, 3, 7, 11 und 13).

Diatoma anceps (EHRBG.) KIRCHN.
(Abb. 42d, S. 80, Tafel 7)

Obwohl nie häufig, charakterisiert die Art den unteren Oberlauf, denn an den Probenstellen 3-5 war *Diatoma anceps* ziemlich regelmäßig vorhanden. Darüber hinaus waren Einzelfunde auch an Probenstelle 1, und vor allem unterhalb bis Probenstelle 8 und von 11-13 festzustellen. Bei den Vorkommen im Unterlauf dürfte es sich um verschleppte Individuen handeln. Nach CHOLNOKY (1968) hat die Art ein pH-Optimum zwischen 6 und 7. In der Erft bevorzugte sie stärker alkalische Probenstellen.

Diatoma elongatum (LYNGB.) AG. (Abb. 42e, S. 83)

Vor allem im Frühjahr vereinzelte Individuen im gesamten Unterlauf, offenbar allochthon. Manchmal nur schwer von *Diatoma vulgare* var. *grandis* zu trennen.

Diatoma vulgare BORY Abb. 42e, S. 83)

Diese Kieselalge besaß ein zum Quellbereich hin scharf begrenztes Verbreitungsgebiet und konnte an den Probenstellen 1, 2A und 2 nie gefunden werden. Bei den Probenstellen 3 und 4 erschien sie dagegen zeitweise in Massenentwicklung, während es sich bei den talwärts liegenden Probenstellen bis zur Mündung überwiegend um vereinzelte Individuen handelte. Nur an Probenstelle 5, die stärker verunreinigt, aber gut mit Sauerstoff versorgt ist, war zumindest Häufigkeitsstufe 3 mehrfach festzustellen. Nach dem Gütebild der unteren Erft könnte die Art dort häufiger sein. CHOLNOKY (1969) gibt an, daß *Diatoma vulgare* hohe Sauerstoffansprüche hat und das pH-Optium über 8 liegt. HUSTEDT (1957) bezeichnet sie als alkalibiont und rheophil. Zur Deutung des schwachen Vorkommens in der unteren Erft könnten sowohl der niedrigere pH-Wert, als auch die schwache Strömung am Ufer herangezogen werden. Vielleicht spielen auch die anomal hohen Temperaturen dabei eine Rolle, daß es nicht zu Massenentfaltung dieser Art kommt und sich statt dessen z.B. *Gomphonema augustatum* stark entwickelt. Nach SCHROEDER (1939) sind niedrige Temperaturen günstig für die Entwicklung von *Diatoma vulgare*, weil dann die Konkurrenz der anderen Diatomen nicht so groß ist. Außerdem entwickelte sie sich in der Mulde am besten bei geringem Eisengehalt. SCHEELE (1952) und BLUM (1957) fanden als Hauptvegetationsperiode die kalte Jahreszeit. In der Erft erschienen große Mengen der Alge von März bis Juni und im September.

Abgesehen von der eben diskutierten Seltenheit der Alge im Unterlauf entspricht sie in Bezug auf ihre Saprobieindikation der Einstufung saprophil (FJERDINSTAD 1965) bzw. β-mesosaprob LIEBMANN (1962), während ZELINKA und MARVAN (1961) für *Diatoma vulgare* var. *vulgare* geringes Indikationsgewicht von oligo- bis β-mesosaprob angegeben, für *Diatoma vulgare* var. *ehrenbergii* (KÜTZ) GRUN. (= var. *grandis* [W. SMITH] GRUN.) obligosaprob mit hohem Indikationsgewicht. Letztere Varietät war in der Erft kein wesentlicher Bestandteil der Aufwuchsbiozönose. Es wurden nur Einzelindividuen ab Probenstelle 8 (unterhalb des Rotbaches) bis zur Mündung gefunden. Ökologisch ist dieses Vorkommen m. E. nicht aussagekräftig.

Diploneis oculata (BRÉB.) CLEVE (Tafel 7)

Einzelfunde im Unterlauf (Probenstelle 14).

Diploneis ovalis (HILSE) CLEVE

Selten im Oberlauf (Probenstellen 1-3).

Eunotia lunaris (EHRBG.) GRUN. (Abb. 42e, S. 83)

Diese Art gehört zu denen, die stets nur in geringer Individuenzahl vorkamen. Neben Einzelfunden im Oberlauf (Probenstellen 1-4) sowie im Mittellauf (Probenstelle 8) steht eine größere Beständigkeit des Auftretens im Unterlauf (Probenstellen 10-14).

Fragilaria capucina DESM. (Abb. 42e, S. 83)

Stets nur einzelne Exemplare ab Probenstelle 7 (unterhalb der Swist) bis zur Mündung in den Rhein.

Fragilaria construens (EHRBG.) GRUN.
(Abb. 42e, S. 83)

Während die vorhergehende Art fast nur im Unterlauf vorkam, war *Fragilaria construens* zwar ebenfalls ein untergeordnetes Glied der Aufwuchsbiozönose, aber doch recht regelmäßig — vor allem im Frühjahr — im Oberlauf vorhanden. Von hier aus drang sie in den Unterlauf vor. Beide Arten sind nach CHOLNOKY gute Indikatoren für hohe Sauerstoffversorgung. Für eine fundierte ökologische Aussage erscheint mir die Entwicklung beider *Fragilaria*-Arten in der Erft zu gering.

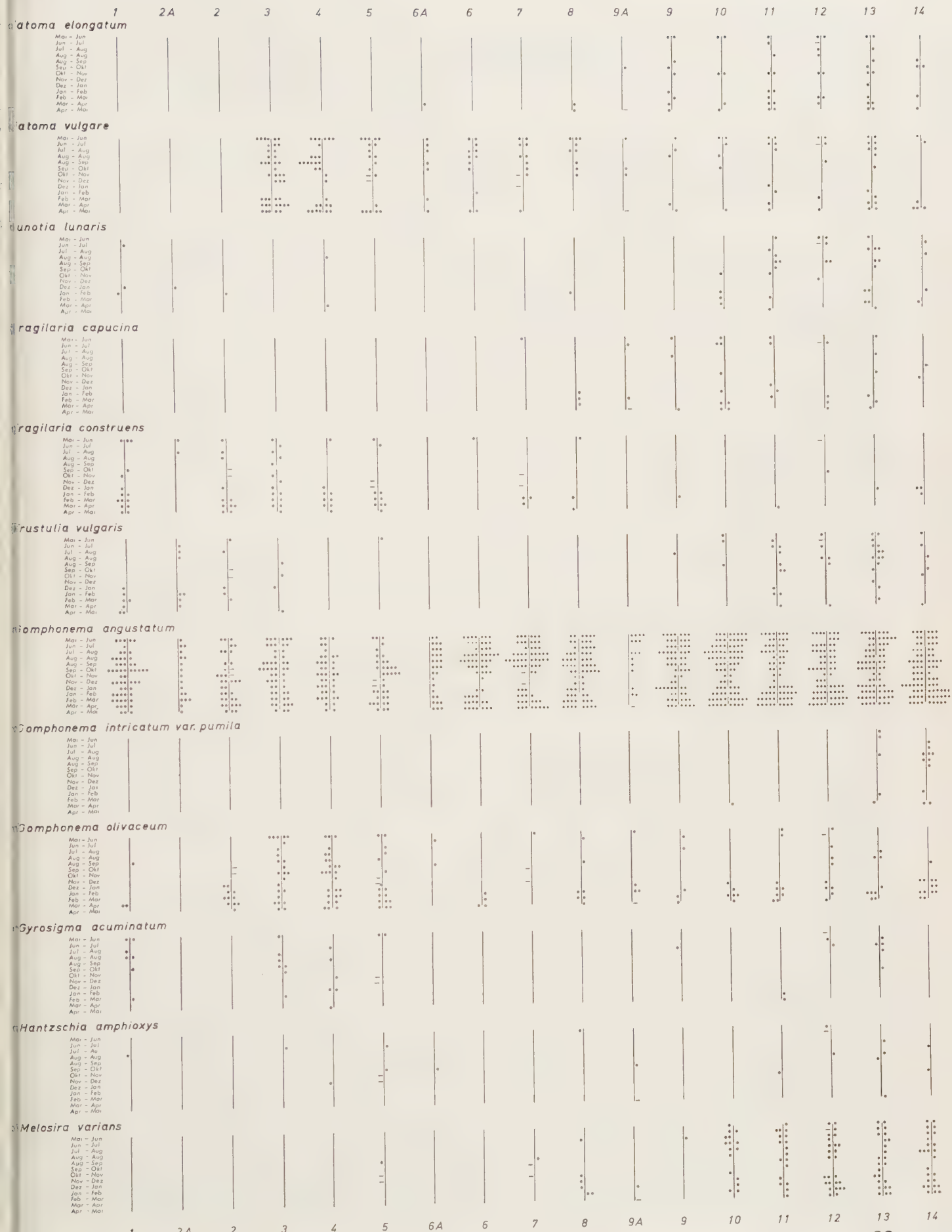
Fragilaria crotonensis KITT.

Einzelfunde im Mittellauf (Probenstellen 6 und 8) und im Unterlauf (Probenstellen 12 und 13).

Frustulia vulgaris (THW.) DE TONI (Abb. 42e, S. 83)

Wie die meisten Diatomeen ist auch diese in der Erft nie zur Massenentfaltung gekommen. Immerhin war sie so regelmäßig vorhanden, daß sie eindeutig als Bewohner des Ober- und Unterlaufes bezeichnet werden kann. Die stark verschmutzte mittlere Erft wurde völlig gemieden. Nach CHOLNOKY (1968) liegt das pH-Optimum der Art zwischen 7,5 und 8. Im stärker alkalischen Oberlauf war *Frustulia* seltener als im neutralen Unterlauf, jedoch scheint mir der Unterschied

Abb. 42e



Legende siehe S. 65

in der Häufigkeit zu gering, um die Angaben CHOLNOKYS verifizieren zu können. Der Einstufung als oligo - bis β-mesosaprobe Alge durch ZELINKA und MARVAN (1961) entspricht die Verbreitung in der Erft.

Gomphonema acuminatum EHRBG.

Einzelfunde im Oberlauf (Probenstelle 2) und im Unterlauf Probenstellen 9-11).

Gomphonema angustatum (KÜTZ.) RABH.
(Abb. 42e, S. 83)

Diese Art war die häufigste Kieselalge in der Erft, wobei die var. *producta* GRUN. weitaus dominierte. Die typische Varietät erschien im Oberlauf und Mittellauf ziemlich selten, im Unterlauf häufiger. Die Alge erreichte an fast allen Probenstellen hohe Abundanzstufen (Stufe 5 und 6). Ähnliche Verhältnisse fand HORNUNG (1959) in der Echaz. Interessant sind deshalb besonders jene Probenstellen, an denen die Alge nie zu Massenentwicklung kam. Im Oberlauf sind dies die Probenstellen 2A und 2. Hierfür scheint die sinnvollste Erklärung zu sein, daß *Gomphonema* in ihrer Ansiedlung durch die vielen feinen Minerale behindert wird, die hier aus einem Kalksteinbruch eingeschwemmt werden. Ein gleichsinniges Verhalten zeigten auch andere Massnformen *(Cocconeis placentula, Navicula gracilis).*

Im Mittellauf war die Probenstelle 9A (Kerpener Wald) verhältnismäßig schwach besiedelt. Dies gilt aber für alle Algen. Wie das Diagramm (Abb. 42e) zeigt, kann im gleichen Monat von Jahr zu Jahr die Häufigkeit an derselben Stelle stark schwanken. Daher können die Befunde eines einzigen Jahreszyklus u. U. zu Fehlschlüssen führen.

Unter Berücksichtigung der Unterschiede von Jahr zu Jahr ergibt sich für den Oberlauf keine ganz eindeutige jahrezeitliche Periodik. Ab Probenstelle 5 bis zur Mündung hatte *Gomphonema angustatum* in den Monaten Dezember und Januar ein deutliches Minimum.

Die verhältnismäßig niedrigen Abundanzwerte an Probenstelle 6A müssen hier der sehr hohen Abwasserlast der Erft zugeschrieben werden.

Massenentwicklungen können im Mittellauf von März bis Oktober, im Unterlauf schon ab Februar bis in den November hinein auftreten. Die etwas verlängerte Vegetationszeit der Alge im Unterlauf könnte eine Folge der anomal hohen Wassertemperaturen in der kälteren Jahreszeit sein. Im Dezember 1966 und im Februar 1967 wurde an Probenstelle 1 Abundanzstufe 4 angetroffen. Dies braucht der vorstehenden Behauptung nicht zu widersprechen, denn auch die Probenstelle 1 hatte wegen ihrer Quellnähe zu der genannten Zeit höhere Wassertemperaturen als die weiter talwärts liegenden Probenstellen.

Gomphonema augur EHRBG.

Einzelfund im Unterlauf (Probenstelle 14).

Gomphonema constrictum EHRBG.

Einzelfunde im Unterlauf (Probenstellen 10, 12 u. 14).

Gomphonema intricatum var. *pumila* GRUN.
(Abb. 42e, S. 83, Tafel 8)

Nur im Unterlauf Einzelfunde an Probenstelle 10, mehrfach an den Probenstellen 13 und 14, aber nie mehr als Häufigkeitsstufe 2.

Gomphonema olivaceum (LYNG.) KÜTZ.
(Abb. 42e, S. 83)

Außer an Probenstelle 2A im Borbach konnte die Art in der gesamten Erft gefunden werden. Ihren Verbreitungsschwerpunkt hatte sie im Oberlauf bei den Probenstellen 3 und 4. Hier war sie ein sehr häufiger Epiphyt von *Cladophora glomerata.* Hauptentfaltungszeit sind Frühjahr und Herbst. Von gleichen Ergebnissen berichtet RAABE (1951). BLUM (1957) fand ein Maximum Ende Februar. Im Gegensatz zu der sehr hohen Individuendichte, die *Gomphonema olivaceum* auf *Cladophora* erreichen kann, ist sie auf den Objektträgern an denselben Stellen höchstens mit Häufigkeitsstufe 3 aufgetreten. An Probenstelle 4 wurden einige Male auch Individuen der var. *calcarea* CLEVE beobachtet.

Gomphonema parvulum KÜTZ.

Im Gegensatz zu *Gomphonema angustatum* war *G. parvulum* selten. Es konnten nur Einzelindividuen im Oberlauf (Probenstellen 1 und 5) und Unterlauf (Probenstelle 9) festgestellt werden.

Gyrosigma acuminatum (KÜTZ.) RABH.
(Abb. 42e, S. 83)

Von dieser Art waren stets nur einzelne Individuen vorhanden, regelmäßig im Oberlauf (Probenstellen 1, 3 und 4), selten an Probenstelle 5 und dann erst wieder im Unterlauf (Probenstellen 9, 11-13).

Hantzschia amphioxys (EHRBG.) GRUN.
(Abb. 42e, S. 83)

Über die ganze Erft verteilte Einzelfunde.

Mastogloia smithii THW.

Einzelfund im Oberlauf (Probenstelle 2).

Melosira granulata var. *angustissima* MÜLL.

Im Mittel- und Unterlauf einzelne angetriebene Fäden.

Melosira varians AG. (Abb. 42e, S. 83)

Außer wenigen Einzelfunden an den Probenstellen 5 und 7-9 sehr regelmäßig mit Abundanzen bis 3 im Unterlauf. Ein ausgeprägtes Entwicklungsmaximum war nicht vorhanden, deutlich aber das Minimum bzw. Fehlen der Art im Dezember und Januar.

Meridion circulare (GEV.) AG. (Abb. 42f, S. 86)

Als Massenform der Bachoberläufe ist die Art in sauberen Bächen sehr häufig, so auch in der Erft. Sie gilt allgemein als Indikatorart der oligosaproben Stufe. Das Entwicklungsmaximum lag in der Zeit (Januar)

Februar bis April. Es wurden aber auch größere Mengen im August und November beobachtet.

Zur Zeit des Frühjahrsmaximum kann *Meridion*, das seinen Verbreitungsschwerpunkt in der Erft im Oberlauf bis oberhalb Bad Münstereifel (Probenstellen 1-3, bei 4 schon deutlich schwächer) hat, im gesamten Erftlauf einschließlich der stark verschmutzten Abschnitte gefunden werden. Es sei hier jedoch betont, daß auch die polysaproben Strecken einen verhältnismäßig hohen Sauerstoffgehalt besitzen. Bei den Vorkommen ab Probenstelle 5 (unterhalb Bad Münstereifel) bis zur Mündung in den Rhein handelt es sich nur um geringe Häufigkeiten (Stufen 1 und 2), so daß *Meridion* trotzdem als Indikatorart in der Erft zu werten ist. HORNUNG (1959) fand, daß *Meridion* ein sehr empfindlicher Saprobieindikator ist. Der deutliche Rückgang in der Häufigkeit von Probenstelle 3 zu Probenstelle 4 läßt erkennen, daß ohne wesentlich zunehmende Verschmutzung die Art hier offenbar nicht mehr optimal gedeihen kann, was auch mit der allgemein geringeren Fließgeschwindigkeit des Wassers zusammenhängen könnte (nach FOGED 1948 ist *Meridion* rheobiontisch).

Die Varietät *constricta* (RALFS) v. HEURCK kam nur sehr selten in den Monaten Januar und Februar an den Probenstellen 3-5 vor.

Navicula accomoda HUST. (Abb. 42f, S. 86, Tafel 8)

Diese erst 1950 beschriebene Art ist in verschmutzten Gewässern allgemein verbreitet (HUSTEDT 1950, 1951, 1961). Nach JÖRGENSEN (1952) sowie ZELINKA und MARVAN (1961) ist sie eine gute Indikatorart der α-mesosaproben Stufe, nach FJERDINGSTAD (1965) saprophil. In der Abwasserstrecke der Erft wurde die Art nur vereinzelt festgestellt, auch im Oberlauf war sie nicht häufig. Regelmäßig mit einem schwachen Maximum im Frühjahr, aber auch dann nie häufig, kam *Navicula accomoda* im Unterlauf vor. Insgesamt scheint die Erft für die Art keine optimalen Standorte zu bieten, denn von anderwärts werden Massenentwicklungen beschrieben (HUSTEDT 1950, 1957).

Navicula atmus (KÜTZ.) GRUN. (Abb. 42f, S. 86)

Nach HUSTEDT (1962 S. 169) handelt es sich um eine aerophile Kieselalge von allgemeiner Verbreitung. In der Erft war sie an allen Probenstellen vertreten, an den obersten allerdings recht selten. Ab Probenstelle 3 gehörte sie zu den regelmäßig vorkommenden, meist aber quantitativ zurücktretenden Arten. An den sehr stark verschmutzten Probenstellen 6A-7 konnte höchstens mittlere Häufigkeit (Stufe 3) beachtet werden. Im Unterlauf und auch an Probenstelle 5 wurden zur Zeit des Frühjahrsmaximums der Kieselalgen auch Häufigkeiten der Stufe 4 mehrfach erreicht, Man kann daher davon ausgehen, daß die Alge hier an einem ihr adäquaten Standort gedeiht. Saprobiologisch wäre sie als β- bis α-mesosaprobe Art anzusehen. Auch *Navicula atomus* hatte ein Minimum von November bis einschließlich Januar, unabhängig davon, ob es sich um thermisch normale oder anomale Probenstellen handelt.

Navicula cari EHRBG. (Tafel 8)

Einzelfund an Probenstelle 8.

Navicula cryptocephala KÜTZ. (Abb. 42f, S. 86)

Auch in der Erft ist *Navicula cryptocephala* eine häufige Form. In der Abwasserstrecke ist sie stets nur mit geringster Häufigkeitsstufe aufgetreten und bevorzugte den β- bis α-mesosaproben Bereich.

Navicula cuspidata (KÜTZ.)

Typische *Navicula cuspidata* trat ziemlich selten auf und wurde nur an den Probenstellen 9A und 13 jeweils einmal gefunden. Etwas häufiger konnte die var. *ambigua* (EHRBG.) CLEVE registriert werden, die mehrfach an den Probenstellen 5 (Oberlauf) und 11-14 (Unterlauf) zwischen anderen Arten vereinzelt eingestreut war.

Navicula cf. *difficillima* HUST.
(Abb. 42f, S. 86, Tafel 8)

Unter den kleinen *Navicula*-Arten, die eine nicht oder kaum auflösbare Struktur besitzen, fand sich im Unterlauf der Erft auch eine Form, die als cf. *difficillima* bestimmt wurde. Größe, Gestalt, Raphe und vor allem die Verdickung der Polkappen sprechen für die Bestimmung, jedoch ist eine feine Streifung bei sehr guter Optik und Einbettung in Hyrax zu erkennen. HUSTEDT (1961 S. 85) führt aber an, daß die Struktur nicht aufgelöst wird, so daß die Bestimmung mit einiger Unsicherheit belastet bleibt, will man nicht unterstellen, daß die Art im vorliegenden Falle etwas stärker verkieselt ist als das Material, das HUSTEDT vorgelegen hat. (In diesem Zusammenhang scheint es interessant, auf die auffällig starke Verkieselung von *Asterionella formosa* in der Erft hinzuweisen.) Um ökologisch relevante Schlüsse ziehen zu können, ist die Art in der Erft zu selten gewesen (vgl. Darstellung der Häufigkeit Abb. 42f).

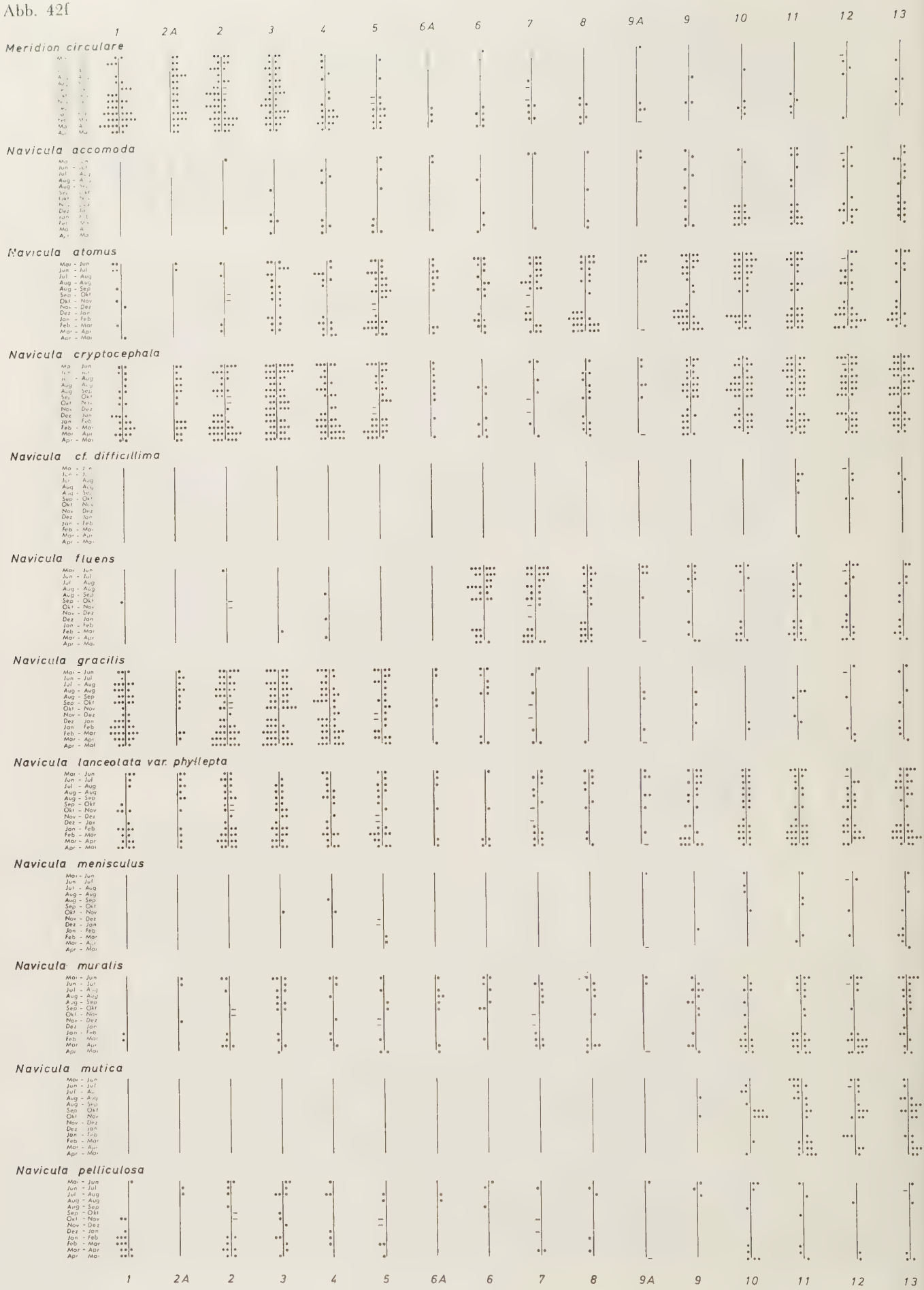
Navicula fluens HUST. (Abb. 42f, S. 86, Tafel 8)

Am häufigsten in der Abwasserstrecke auftretend, war die Art im Mittel- und Unterlauf regelmäßig vorhanden, daneben einige Male vereinzelt im Oberlauf. Ihre Hauptentwicklungszeit in der Erft scheinen Frühjahr und Sommer zu sein. Es wäre zu prüfen, ob *Navicula fluens* eine Indikatorart für die α-mesosaprobe Stufe ist.

Navicula gracilis EHRBG. (Abb. 42f, S. 86, Tafel 8)

Diese auch anderwärts sehr häufige Form konnte an allen Probenstellen der Erft gefunden werden. Im Mittel- und Unterlauf traten nur Einzelindividuen auf, bei denen wegen der großen Häufigkeit der Art im Oberlauf des Flusses an Verdriftung gedacht werden muß. Das Vorkommen in geringer Menge bleibt demnach ohne Aussagekraft. Der Massenentfaltung im Oberlauf entspricht die Feststellung CHOLNOKYS (1968) daß es sich um eine Art handelt, deren pH-Optium sehr hoch liegt. Abgesehen von einem Minimum im Winter, ist keine eindeutige Jahresperiodik der Entwicklung auf den Objektträgern

Abb. 42f



Legende siehe S. 65

festzustellen. Mit der Einstufung bei ZELINKA und MARVAN (1961) als oligo- bis β-mesosaprob stimmt das Vorkommn in der Erft überein.

Navicula hungarica var. *capitata* (EHRBG.) CLEVE

Einzelfunde im Oberlauf (Probenstelle 3-5) und Unterlauf (Probenstellen 11 und 14).

Navicula lanceolata (AG.) KÜTZ. (Tafel 8)

Einzelfunde im Oberlauf (Probenstellen 3 und 4) sowie im Unterlauf (Probenstellen 12-14).

Navicula lanceolata var. *phyllepta* (KÜTZ.) CLEVE (Abb. 42f, S. 86, Tafel 8)

Im Gegensatz zur typischen Form trat die Varietät regelmäßig mit einem Frühjahrsmaximum in der Erft auf. Dabei war die stark belastete mittlere Erft deutlich schwächer besiedelt als die β-mesosaproben Abschnitte im Unter- und Oberlauf, in denen die Alge offenbar optimale Verhältnisse vorfindet.

Navicula menisculus SCHUMANN (Abb. 42f, S. 86)

Mit geringer Häufigkeit war die Art im Oberlauf (Probenstellen 3-5) und von Probenstelle 9A bis zur Mündung in den Rhein vorhanden.

Navicula muralis GRUN (Abb. 42f, S. 86)

Die Alge kam entlang der ganzen Erft vor, wurde aber nie häufig.

Navicula mutica KÜTZ. (Abb. 42f, S. 86, Tafel 8)

Diese Art war ausschließlich im Unterlauf vorhanden, wo sie von Februar bis Juni und September bis November recht häufig sein konnte. Im Sommer mehr oder weniger vereinzelt vorhanden, fehlte sie im Winter ganz, d. h. sie wuchs nicht auf den Objektträgern.

Navicula pelliculosa (BRÉB.) HILSE (Abb. 42f, S. 86, Tafel 9)

Navicula pelliculosa trat an allen Probenstellen auf, war aber meist nicht sehr häufig. Trotzdem läßt sich ein schwaches Frühjahrsmaximum zumindest an einigen Probenstellen erkennen. Abgesehen vom Frühling war die Art am häufigsten im Oberlauf und an Probenstelle 14 (Unterlauf). Die Unterschiede in der Regelmäßigkeit des Auftretens sind nicht eindeutig genug, um weiterreichende Schlüsse zu ziehen. Dazu kommt, daß man die Form trotz sorgfältigen Arbeitens leicht im Präparat übersehen kann, vor allem, wenn andere, auffälligere Arten massenhaft vorhanden sind.

Navicula peregrina (EHRBG.) KÜTZ.

Einzelfunde im Unterlauf (Probenstelle 14).

Navicula pupula KÜTZ.

Einzelne Individuen mehrfach im Oberlauf (Probenstellen 3 und 5) sowie im Unterlauf (Probenstellen 12-14).

Navicula pygmaea KÜTZ.

Einzelne Frusteln im Oberlauf (Probenstellen 3 und 4) und Unterlauf (Probenstelle 11).

Navicula ehynchocephala KÜTZ. (Abb. 42g, S. 88)

Die Art gilt als allgemein verbreitet und häufig. In der Erft ist sie über den ganzen Lauf verstreut, stets nur vereinzelt zu finden gewesen, wobei der polysaprobe Bereich weitgehend gemieden wurde.

Navicula seminulum GRUN. (Abb. 42g, S. 88, Tafel 8)

Abgesehen von einem Einzelfund an Probenstelle 2A trat die Art erst im Mittellauf ab Probenstelle 6 (oberhalb der Swistmündung) auf und erfuhr ihre stärkste Enfaltung im Unterlauf bei Probenstelle 11 (schwache Strömung) im Frühjahr. Im übrigen trat die Kieselalge weder räumlich noch zeitlich besonders in Erscheinung. Umso weniger ist verständlich, daß ausgerechnet an Probenstelle 6, mitten in der Abwasserstrecke der Erft, die Entfaltung der Art begann. Oberhalb habe ich sie jedoch trotz intensiver Suche in den Präparaten, mit Ausnahme des Einzelfundes bei Probenstelle 2A, nicht feststellen können.

Navicula viridula KÜTZ. (Abb. 42g, S. 88, Tafel 9)

Diese Art ist die auffälligste der Gattung *Navicula* in der Erft. Sie kam das ganze Jahr über vor, hatte ein sehr ausgeprägtes Frühjahrsmaximum, sowohl im Ober- und im Mittellauf als auch im thermisch anomalen Unterlauf. Das Entwicklungsmaximum der Alge lag im eutrophen, unteren Oberlauf (Probenstellen 3 und 4). Sie war aber auch an den übrigen Probenstellen des Oberlaufes und vor allem in Unterlauf zeitweise recht häufig. Mit der Charakterisierung „saprophil" (FJERDINGSTAD 1965) ist das Vorkommen in der Erft am treffendsten zu bezeichnen.

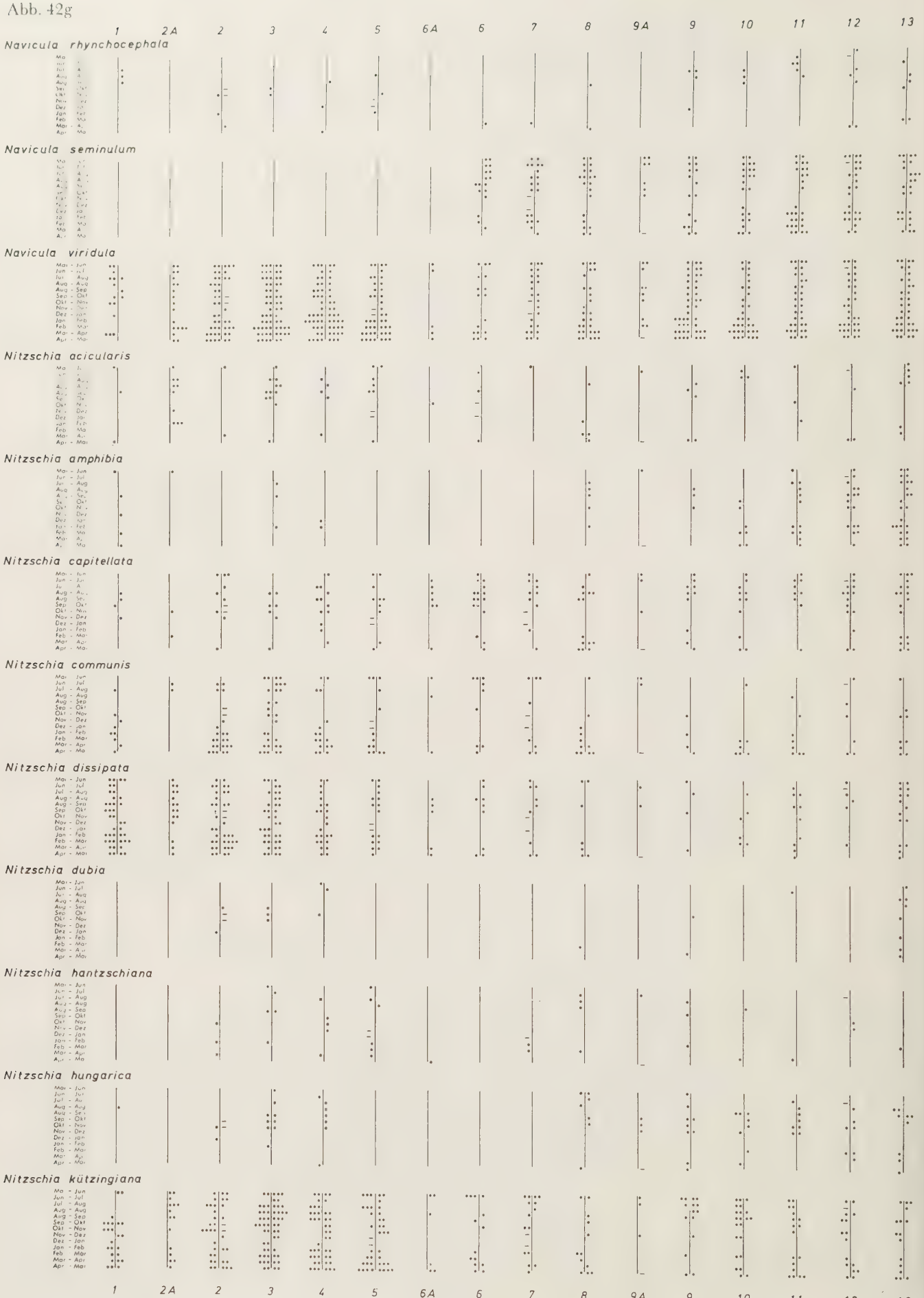
Neidium dubium (EHRBG.) CLEVE

Einzelfunde im Oberlauf (Probenstelle 2 und 4) und Unterlauf (Probenstelle 11).

Nitzschia acicularis W. SMITH (Abb. 42g, S. 88)

Ob *Nitzschia acicularis* eine Planktondiatomee ist oder ihren eigentlichen Standort im Aufwuchs hat, wird in der Literatur unterschiedlich bewertet. UTERMÖHL (1925) kommt aufgrund seiner Studien an den Holsteinischen Seen zu dem Ergebnis, daß *Nitzschia acicularis* nur in das Plankton verschleppt wird. Auch HUBER-PESTALOZZI (1942) sowie FLINT (1949/50) schließen sich dieser Meinung an. HORNUNG (1959) fand sie häufig auf Schlamm. CHOLNOKY (1968) dagegen hält die Alge für eine echte Planktondiatomee, die ein pH-Optimum zwischen 8,3 und 8,5 besitzt. HUSTEDT (1957) bezeichnet sie ebenfalls

Abb. 42g



Legende siehe S. 65

als echten Plankter. In der Erft kann die Art an allen Probenstellen auftreten. Während die Funde im Mittel- und Unterlauf — bei denen es sich ohnehin nur um einzelne Individuen handelt — leicht als zufällige Verschleppung aus dem Plankton gedeutet werden könnten, kann diese Erklärung für das Vorkommen im Oberlauf der Erft nicht herangezogen werden. Vor allem an Probenstelle 2A (Borbach vor Mündung in den Kuhbach) erreichte die Art mittlere Häufigkeit. Da die Alge lebend auf den Objektträgern beobachtet wurde und versehentliche Verschleppung bei der Probenentnahme und Präparation ausgeschlossen werden können, muß *Nitzschia acicularis* zumindest auch als Bewohner der Aufwuchsbiozönose angesehen werden. (Um zu verhindern, daß Formen verschleppt werden, wurden für jede Probenstelle dauerhaft gekennzeichnete Flaschen, Gläser und Pipetten benutzt. Auf diese Weise ist höchstens eine Verschleppung von einem Untersuchungsdatum zum nächsten, nicht aber von Probenstelle zu Probenstelle möglich).

Nitzschia amphibia GRUN. (Abb. 42g, S. 88)

Die Art erreichte nur einmal an Probenstelle 13 mittlere Häufigkeit, war aber in geringer Individuendichte regelmäßig im Unterlauf vorhanden und kam vereinzelt auch im Oberlauf vor.

Nitzschia capitellata HUST. (Abb. 42g, S. 88, Tafel 9)

Die Art war nie in größerer Individuendichte zu finden, trat aber überall mehr oder weniger regelmäßig ohne eindeutige Bevorzugung bestimmter Abschnitte auf.

Nitzschia communis RABH. (Abb. 42g, S. 88, Tafel 9)

Vereinzelt entlang der ganzen Erft vorkommend, war die Art nur im Oberlauf (Probenstellen 2 und 3) mit mittlerer Häufigkeit und einem schwachen Frühjahrsmaximum vorhanden.

Nitzschia dissipata (KÜTZ.) GRUN. (Abb. 42g, S. 88, Tafel 8d)

Obgleich entlang der ganzen Erft vorhanden, kann die Art als Kieselalge des Erftoberlaufes gelten, denn unterhalb der Probenstelle 3 trat sie nur selten bis vereinzelt auf. Das Frühjahrsmaximum ist nicht regelmäßig deutlich vorhanden. Saprobiologisch entspricht das Vorkommen in der Erft weitgehend der Einstufung bei ZELINKA und MARVAN (1961) als Art mit geringem Indikationsgewicht zwischen oligo- und β-mesosaprob. Nach HUSTEDT (1938) gedeiht die Art vorzugsweise in alkalischen Gewässern, FOGED (1948) bezeichnet sie als alkalibiontisch. Auch mit diesen Feststellungen stimmt das Vorkommen in der Erft überein.

Nitzschia dubia W. SMITH (Abb. 42g, S. 88)

Stets nur Einzelfunde in allen Erftabschnitten, am regelmäßigsten im Unterlauf (Probenstelle 13).

Nitzschia gracilis HANTZSCH

Einzelfunde im Oberlauf (Probenstellen 3-5).

Nitzschia hantzschiana RABH. (Abb. 42g, S. 88,Tafel 9)

Diese Art zählt zu denen, die zwar mit Ausnahme der Probenstellen 1, 2A und 7 überall auftraten, aber nie häufig waren.

Nitzschia hungarica GRUN. (Abb. 42g, S. 88)

Regelmäßig, aber nie häufig im unteren Oberlauf und ab Probenstelle 8 im Mittellauf bis zur Mündung in den Rhein.

Nitzschia kützingiana HILSE (Abb. 42g, S. 88, Tafel 9)

Sehr häufig und regelmäßig im Oberlauf, trat die Art in der Abwasserstrecke sehr stark zurück, um im mäßig verschmutzten Unterlauf wiederum regelmäßiger, aber nie sehr häufig, vorhanden zu sein. CHOLNOKY (1968) konstatiert, daß *Nitzschia kützingiana* ein niedrigeres pH-Optimum als *Nitzschia palea* besitzt. Beide Arten waren in der Erft häufig. Während *Nitzschia kützingiana* ihren Verbreitungsschwerpunkt im unverschmutzten, stark alkalischen und nährstoffreichen Oberlauf hatte, im stark verschmutzten Mittellauf und auch im mäßig verschmutzten Unterlauf mit etwas niedrigeren pH-Werten dagegen zurücktrat, wird *Nitzschia palea* durch Abwässer offensichtlich gefördert, wie am Vergleich der Häufigkeiten von Probenstelle 4 oberhalb und Probenstelle 5 unterhalb von Bad Münstereifel zu ersehen ist. Im Mittellauf ist *Nitzschia palea* erheblich häufiger gewesen, und auch im Unterlauf erreichte sie im Durchschnitt eine deutlich größere Häufigkeit, so daß unterschiedliche pH-Optima zwischen den beiden Arten in der Erft nicht erkennbar sind. Vielleicht ist *Nitzschia kützingiana* stärker an die besseren Lichtverhältnisse oder die niedrigeren Temperaturen des Oberlaufes angepaßt. Mehr noch scheint sie eine Form des Reinwassers zu sein, so auch in der oberen Donau (BACKHAUS 1968 c). Es muß offen bleiben, welche Faktorenkombination letztlich die unterschiedliche Häufigkeit verursacht, der pH-Wert allein ist sicher nicht ausschlaggebend.

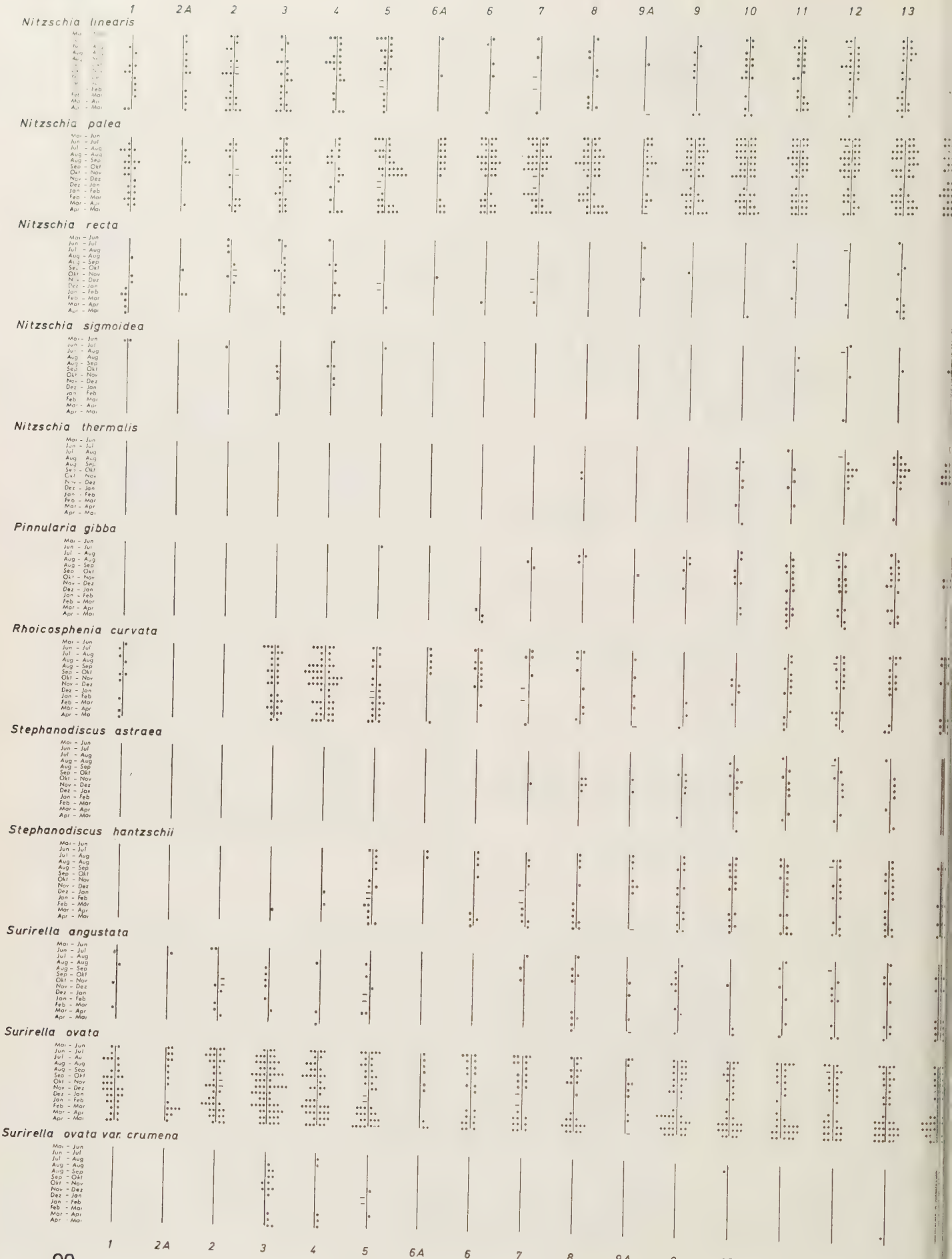
Nitzschia linearis W. SMITH (Abb. 42h, S. 90, Tafel 9)

Sie kam in der gesamten Erft vor. In der stark verschmutzten mittleren Erft traten nur Einzelindividuen auf, die wohl von oberhalb verschleppt waren. Im Ober- und Unterlauf war *N. linearis* regelmäßig vorhanden, zeitweise sogar häufig. Der Einstufung unter die Indikatorarten der oligosaproben Gütestufe (LIEBMANN 1962) entspricht die Art in der Erft nicht, besser der von ZELINKA und MARVAN (1962), wonach sie mit geringer Individuendichte sogar noch in α-mesosaproben Gewässern vorkommen kann und insgesamt geringes Indikationsgewicht besitzt.

Nitzschia palea (KÜTZ.) W. SMITH
(Abb. 42h, S. 90, Tafeln 8 und 9)

Mit mäßiger Häufigkeit war die Alge in der gesamten Erft vorhanden. Ihren Schwerpunkt besaß sie an den

Abb. 42h



Legende siehe S. 65

stärker verschmutzten Probenstellen im Ober- und Mittellauf, verhielt sich somit als vorwiegend α-mesosaprobe Art, was den allgemeinen Erfahrungen über die Ökologie von *Nitzschia palea* entspricht (LIEBMANN 1962, ZELINKA und MARVAN 1961, FJERDINGSTAD 1964, 1965, VENTZ 1964). Auf die nach CHOLNOKY unterschiedlichen pH-Optima von *N. palea* und *N. kützingiana* wurde bei dieser schon eingegangen. Die dichteste Besiedlung mit *Nitzschia palea* war im Frühjahr und im Herbst festzustellen. In den Monaten Dezember und Januar fehlte die Art fast völlig auf den Objektträgern, war aber zur gleichen Zeit des ersten Untersuchungsjahres an Probenstelle 14 (bei Neuss) mit mittlerer Häufigkeit vorhanden.

Nitzschia recta HANTZSCH (Abb. 42h, S. 90)

Mit deutlicher Bevorzugung des unteren Oberlaufs war *N. recta* entlang der gesamten Erft vorhanden. In der stark verschmutzten mittlern Erft traten nur Einzelindividuen auf, die wohl verschleppt waren. Im Unterlauf war *N. recta* etwas regelmäßiger zu finden.

Nitzschia sigmoidea (EHRBG.) W. SMITH (Abb. 42h, S. 90)

Verhältnismäßig selten und mit geringer Individuendichte im Ober- und Unterlauf.

Nitzschia stagnorum RABH.

Vereinzelt im Unterlauf.

Nitzschia thermalis KÜTZ. (Abb. 42h, S. 90, Tafel 9)

Neben zwei Einzelfunden im unteren Mittellauf (Probenstelle 8, Gymnich) öfter im Unterlauf ab Kaster (Probenstelle 10) mit Schwerpunkt bei Gustorf und Wevelinghoven (Probenstellen 12 und 13), nie sehr häufig.

Nitzschia tryblionella HANTZSCH

Einzelfunde im Unterlauf (bei Neuss).

Pinnularia appendiculata (AG.) CLEVE (Tafel 10)

Einzelfund bei Lommersum (Probenstelle 6A).

Pinnularia borealis EHRBG. (Tafel 10)

Einzelfunde bei Iversheim, Kühlseggen und Frimmersdorf (Probenstellen 5, 6 und 11) im August 1967.

Pinnularia gibba EHRBG. (Abb. 42 h, S. 90, Tafel 10)

Nie häufig, aber sehr regelmäßig im Unterlauf. Einzelfunde auch im Mittellauf und bei Iversheim im Oberlauf.

Pinnularia nodosa EHRBG. (Tafel 10)

Einzelfunde im Unterlauf.

Pinnularia sp. div.

Einzelindividuen mehrerer, nicht näher bestimmter Arten kamen in allen Erftabschnitten vor. Insgesamt spielt die Gattung in der Erft eine sehr untergeordnete Rolle. Nur *Pinnularia gibba* war regelmäßig vorhanden (s.o.)

Rhoicosphenia curvata (KÜTZ.) GRUN.
(Abb. 42h, S. 90)

Am häufigsten war die Art als Epiphyt von *Cladophora glomerata*. Auf den Objektträgern hatte *Rhoicosphenia* ihr Optimum in der Erft an den gleichen Probenstellen, an denen es auch *Cladophora* hatte (Oberlauf, Probenstellen 3 und 4). Unterhalb war *Rhoicosphenia* an allen Probenstellen vorhanden, im Mittellauf sehr vereinzelt, regelmäßig mit geringer Individuendichte im Unterlauf. An den beiden Probenstellen des Oberlaufes, deren Besiedlung durch Mineralien aus dem oberhalb liegenden Steinbruch beeinträchtigt wird (2 A und 2), konnte *Rhoicosphenia* nicht gefunden werden (auch nicht *Cladophora*), dagegen waren öfter Einzelindividuen an der weiter oberhalb liegenden Probenstellen 1 festzustellen.

Rhopalodia gibba (EHRBG.) O. MÜLLER

Einzelfund im Unterlauf (Probenstelle 14).

Stauroneis anceps EHRBG.

Einzelfunde im Ober- und Unterlauf.

Stauroneis smithii GRUN.

Vereinzelt im Ober- und Unterlauf.

Stephanodiscus astraea (EHRBG.) GRUN.
Abb. 42h, S. 90)

Die typische Form und die var. *minutula* erschienen vor allem im zweiten Untersuchungsjahr regelmäßig im Unterlauf. In der Mikrophytendrift nicht selten, waren sie auch zwischen den Aufwuchsalgen zu finden.

Stephanodiscus dubius (FRICKE) HUST.

Einzelfunde im Mittel- und Unterlauf.

Stephanodiscus hantzschii GRUN. (Abb. 42h, S. 90)

Diese planktische Form war auch auf den Objekträgern recht regelmäßig in geringer Individuenzahl zwischen den Aufwuchsalgen vorhanden. Neben Einzelfunden im Oberlauf war die Art ab Probenstelle 5 im unteren Oberlauf entlang der ganzen Erft die meiste Zeit überall vorhanden, aber stets in geringer Menge. In der Mikrophytendrift war sie natürlich häufiger.

Surirella angustata KÜTZ. (Abb. 42h, S. 90)

Mit Ausnahme der polysaproben Probenstelle 6 A im Mittellauf überall ziemlich regelmäßig vorhanden, aber stets nur wenige Individuen.

Surirella ovalis BRÉB. (Tafel 10)

Einzelfund im Unterlauf (Probenstelle 13).

Surirella ovata KÜTZ. (Abb. 42h, S. 90)

Als Massenform des Oberlaufes mit Frühjahrsmaximum und schwächerem Maximum im Herbst, kam die Art auch regelmäßig im Mittellauf mit mäßiger Individuendichte vor, um dann im Unterlauf vor allem im Frühjahr häufig bis sehr häufig zu sein. Sie entspricht in der Erft der üblichen Einstufung als β-mesosaprobe Kieselalge.

Surirella ovata var. *crumena* (BRÉB.) v. HEURCK (Abb. 42h, S. 90)

Oberhalb der Probenstelle 3 mündet der Ohbach in die die Erft, in dem *Surirella ovata* var. *crumena* häufig ist. An Probenstelle 3 sowie an den nächsten beiden Probenstellen war die Alge auf den Objektträgern zu finden, dann verschwand sie bis auf drei Einzelfunde im Unterlauf.

Surirella ovata var. *pinnata* (W. SMITH) HUST. (Abb. 42i, S. 93)

Überall in der Erft mit schwacher Bevorzugung des Mittellaufes besonders im Frühjahr vorhanden.

Surirella tenera GREGORY

Einzelfunde im Unterlauf (Probenstellen 13 und 14)

Synedra acus KÜTZ. (Abb. 42i, S. 93)

Einzelfunde im Mittellauf und öfter im Unterlauf, nie dem Substrat angeheftet.

Synedra rumpens var. *familiaris* (KÜTZ.) GRUN. (Tafel 10)

Einzelfunde im Ober- und Unterlauf (Probenstellen 4 und 14).

Synedra ulna (NITZSCH.) EHRBG. (Abb. 42i, S. 93)

Überall in der Erft regelmäßig vorhanden, aber nur in den β-mesosaproben Abschnitten häufig, nie mit Gallerte befestigt beobachtet.

Synedra vaucheriae KÜTZ.

Einige Male im Oberlauf (Probenstelle 4), nie häufig.

Tabellaria EHRGB.

Tabellaria fenestrata (LYNGB.) KÜTZ. und *Tabellaria flocculosa* KÜTZ. als Einzelfunde im Unter- bzw. Mittellauf.

Euglenophyceae

Anisonema acinus DUJ. (Abb. 42i, S. 93)

Niemals in größerer Menge, aber regelmäßig konnte die Art über die ganze Erft verteilt im Aufwuchs gefunden werden.

Astasia sp.

Einzelfunde an den Probenstellen 7 (Liblar) und 10 (Kaster).

Euglena dicentra SKUJA und
Euglena geniculata DUJ.

Beide Arten traten nur als Einzelfunde auf.

Euglena klebsii (LEMM.) MAINX (Abb. 42i, S. 93)

Die Art kam spärlich bis vereinzelt vor und fehlte nur an den obersten Probenstellen. Sie war in der Erft zu selten, um weiterreichende Schlüsse ziehen zu können.

Euglena pisciformis KLEBS (Abb. 42i, S. 93)

Die Art zeigte das gleiche Verbreitungsbild wie *E. klebsii*, war aber noch seltener.

Euglena proxima DANG. und
Euglena spirogyra EHRBG.

Vereinzelte Vorkommen im Mittel- und Unterlauf.

Euglena viridas EHRBG. (Abb. 42i, S. 93)

Der eigentliche Standort der Art ist die Oberfläche flach überstauten Schlammes am Ufer im Mittellauf, vor allem bei Liblar und Gymnich (Probenstellen 7 und 8). Auch auf den Objektträgern war die Art häufig zu finden. Gelegentlich im Oberlauf vorhanden, hatte *Euglena viridis* ihren Schwerpunkt im polysaproben Mittellauf der Erft (Probenstellen 6 A und 6) traf aber auch Unterlauf mehr oder weniger regelmäßig auf. Die Verbreitung in der Erft entspricht der allgemein üblichen Einstufung (LIEBMANN 1962, FJERDINGSTAD 1965) als polysaprobe bzw. saprobionte Indikatorart.

Peranema granuliferum PENARD

Einzelfunde an den Probenstellen 8, 13 und 14.

Peranema trichophorum (EHRBG.) STEIN (Abb. 42i, S. 93)

In der Erft hatte die Art auf den Bewuchsträgern ihren Schwerpunkt im β-mesosaproben Bereich, war jedoch nie häufig. In der Abwasserstrecke fehlte sie fast völlig.

Petalomonas STEIN

Petalomonas mira AWER. und *Petalomonas steinii* KLEBS traten als Einzelfunde auf.

Phacus DUJ.

Es wurden nur einzelne Individuen der Arten *Phacus acuminatus* STOCKES, *Phacus caudatus* HÜBNER, *Phacus pyrum* (EHRBG.) STEIN, *Phacus skujai* SKV. und *Phacus triqueter* (EHRBG.) DUJ. im Mittellauf und Unterlauf gefunden.

Legende siehe S. 65

Trachelomonas EHRBG. em. DEFL.

Neben nicht näher bestimmten Einzelindividuen anderer Arten der Gattung wurde *Trachelomonas hispida* (PERTY) STEIN vereinzelt im Mittel- und Unterlauf gefunden.

Urceolus macromastix SKUJA

Einzelfunde im Unterlauf.

Chlorophyceae

Actinastrum hantzschii LAGERH.

Einzelfunde an Probenstelle 4 bei Schönau.

Ankistrodesmus falcatus (CORDA) RALFS

Einzelfunde, verstreut vom unteren Oberlauf bis in den Unterlauf im Juli und Oktober.

Chaetopeltis orbicularis BERTH.

Die Art war selten und trat nur einige Male im Sommer an den Unterlaufprobenstellen 11 und 12 auf.

Chaetophora incrassata (HUDSON) HAZEN

Im Frühjahr (April bis Juni) und im Herbst (Oktober/November) trat *Chaetophora* im natürlichen Aufwuchs der Probenstelle 1, 2 A und 2 auf. Die stärkste Entwicklung erfolgte bei Probenstelle 2 A im Oktober, bei Probenstelle 1 im April.

Characium angustum A. BRAUN und
Characium brunnthaleri PRINZ

Beide *Characium*-Arten wurden nur sehr selten in den Sommermonaten (Juni bis Oktober) im Unterlauf auf den Objekträgern gefunden.

Chlamidomonas sp. EHRBG. (Abb. 42i, S. 93)

Mehrere Arten der Gattung *Chlamydomonas* (Untergattung *Euchlamydomonas*, erschienen vereinzelt im Oberlauf und häufiger im Mittel- und Unterlauf zwischen den festsitzenden Formen des Aufwuchses. Einige Male waren sie mit Häufigkeitsstufe 3 (Probenstellen 8 und 13 im Juni, Probenstelle 10 im Oktober) vorhanden.

Chlorella sp. BEIJERINK

Einzelfunde an den Probenstellen 4 und 8.

Chodatella (Lagerheimia) genevensis (CHODAT) BOURR.

Einzelfund bei Neuss, wahrscheinlich aus einem oberhalb gelegenen Weiher.

Chlorhormidium fluitans (GAY) FOTT

Einzelne, angetriebene Trichome bei Paffendorf.

Cladaphora glomerata (L) KÜTZ. (Abb. 42i, S.93)

Der makroskopisch sichtbare Algenbewuchs im mittleren und unteren Oberlauf der Erft (unterhalb der Erftquelle bis Euskirchen, Bereich der Probenstellen 3 - 5) wird - außer im Winter - weitgehend von *Cladophora* beherrscht. Nach der Winterruhe erfolgt starkes Wachstum von April bis Juni. Im Sommer läßt das Wachstum erheblich nach, um im September noch einmal verstärkt einzusetzen. Zu Zeiten schwachen Wachstums sind die dann kurzen Fäden an den Probenstellen 3 und 4 sehr stark verkalkt und oft mit Kieselalgen dicht bewachsen (vor allem *Diatoma vulgare, Rhoicosphenia curvata* und *Cocconeis pediculus).* Im abwasserbelasteten Oberlauf war *Cladophora* weitgehend frei von epiphytischen Kieselalgen und auch kaum verkalkt. Die Objektträger waren von Mai bis November mit *Cladophora* bewachsen. Die stäkste Entwicklung war an der Probenstelle 4 zu finden. Einmal, im August 1967, erschien die Alge hier mit Häufigkeitsstufe 4. Dieser hohe Wert gibt ein falsches Bild, denn an dem Rahmen, in dem die Objektträger exponiert waren, hatten sich größere Mengen von angetriebenen Fäden festgesetzt, so daß eine übergroße Menge von Schwärmern zur Festheftung und Entwicklung gelangen konnte.

Entsprechend ihrer Häufigkeit liegen sehr viele ökologische Angaben über die Art vor, die vor allem bei FJERDINGSTAD (1965) und v. d. HOEK (1963) eingehend diskutiert sind. Als allgemeines Ergebnis läßt sich sagen, daß *Cladophora glomerata* hohe Lichtintensität braucht und in nährstoffarmen Seen durch Eutrophierung, also auch durch Abwasser, gefördert wird. Dies stellte jüngst wieder MATTERN (1970) im Zusammenhang mit der Untersuchung der Bodensee-Ufer fest. In Fließgewässern hat die Alge ihren Schwerpunkt in kalkreichem Wasser. Nach seinen Beobachtungen an der oberen Donau und ihren Quellflüssen kommt BACKHAUS (1968 c) zu dem Ergebniss, daß die Alge zur Saprobieindikation nicht zu gebrauchen ist, weil sie stärker auf den Kalkgehalt als auf den Saprobiegrad reagiert. FJERDINGSTAD (1964, 1965) stellt fest, daß *Cladophora glomerata* als gesellschaftsbildende Art die oligosaprobe Stufe charakterisiert und als saproxen anzusehen ist. Saproxene Organismen sind definiert (FJERDINGSTAD 1965, S. 477) als „Organisms generally found in biotopes other than the pollutes ones but which still may thrive even in the presence of a pollution". Unter den Voraussetzungen des eutrophen, kalkreichen Baches trifft die Aussage FJERDINGSTADS für die Verbreitung von *Cladophora glomerata* in der oberen Erft zu.

Die Abwasserstrecke der Erft wird von der Alge völlig gemieden, wenn man von einem Einzelfund bei Probnstelle 8 absieht. An Probenstelle 9 A, die ebenfalls stark verschmutzt ist, tritt *Cladophora glomerata* regelmäßig in größerer Menge an einem Überfall und in der Wellenschlagzone unterhalb eines Absturzes auf.

Im Unterlauf, der β-mesosaprob zu charakterisieren ist, hatte *Clodaphora* ihren Biotop auf festen Substraten (Steine, Holz, kaum auf höheren Pflanzen), vor allem an stark strömenden, gut belüfteten Stellen. Auf den Objektträgern ist sie nicht häufig gewesen. Im Gegensatz zum Oberlauf wurden die Fäden höchstens einen halben Meter lang. Die bei weitem vorherrschende Form war *Cladophora glomerata* (L.) KÜTZ. var. *glomerata.* Vereinzelt kam daneben auch die var.

crassior v. d. HOEK vor. Sie besiedelte die schwächer durchströmten Räume.

Cladophora rivularis (L.) v. d. HOEK

Diese Art konnte nur im Unterlauf der Erft und auch dort wesentlich seltener als *Cladophora glomerata* zusammen mit dieser gefunden werden. Nach van den HOEK (1963), scheint *Cl. rivularis* an mehr oder weniger eutrophe Verhältnisse mit einem pH über 7 gebunden zu sein. Dem entspricht das Vorkommen in der unteren Erft.

Chlorogonium sp. EHRBG.

Einzelfund im Mittellauf.

Coelastrum microporum NÄGELI

Einzelfunde in allen Flußabschnitten.

Coleochaete soluta PRINGSH.
(Abb. 42k, S. 96, Tafel 10)

Obwohl die Art nur mittlere Abundanz in der Erft erreichte, kann sie als ein sehr charakteristisches Glied der Aufwuchsbiozönose bezeichnet werden, räumlich streng begrenzt auf den thermisch anomalen Unterlauf und zeitlich auf die Monate August bis Oktober. In Einzelfällen wuchs *Coleochaete* auch noch im Dezember auf Objektträgern. Sie ist somit eine sehr gute Leitart für den Sommer- und Herbstaspekt der Aufwuchsbiozönose in der unteren Erft.

Draparnaldia mutabilis (ROTH) CEDERGREN

Einzelfunde auf Steinen im Oberlauf (Probenstellen 1 und 2 A) und einmal im Unterlauf (Probenstelle 11).

Eudorina elegans EHRBG.

Einzelfund bei Neuss.

Gongrosira incrustans (REINSCH) SCHMIDLE
(Abb. 42k, S. 96, Tafel 14)

BUTCHER (1932) bezeichnet die Alge aufgrund seiner Funde in verschiedenen englischen Flüssen als in kalkreichen Gewässern zweifellos gemein.

In typischer Ausbildung mit reicher Kalkinkrustation wuchs *Gongrosira incrustans* im Oberlauf mit Schwerpunkt bei den Probenstellen 3 und 4 auf Steinen. Auch auf den Objektträgern erreichte die Art hohe Abundanz. Ihre Entwicklungszeit begann im Mai und endete im September/Oktober. Auf natürlichem Substrat war sie im Sommer auffälliger. Möglicherweise kann sie sich auf den Objektträgern wegen der Konkurrenz von *Spaerobotrys, Ulvella* und *Cocconeis placentula* im Hochsommer nicht so gut entwickeln, denn sie wächst langsamer. Nach 14 Tagen Expositionszeit waren stets nur flache Lager vorhanden, die gerade anfingen, Vertikalwachstum zu zeigen (vgl. Tafel 14). Unterhalb der Abwässer von Bad Münstereifel verschwand die Art sowohl aus dem natürlichen Bewuchs als auch auf den Objektträgern. Erst im Unterlauf - zunächst spärlich bei Probenstelle 9, häufig bei den Probenstellen 11 und 13, und wieder selten an Probenstelle 14 - trat die Alge erneut auf. Im Unterlauf sah sie jedoch etwas anders aus, und die Identität der beiden Formen ist nicht ganz sicher. Aufrechte Fäden wurden im Unterlauf nur schwach gebildet, außerdem waren die Sohlenzellen etwas breiter (um 10 - 12µm) - vgl. Tafel 14.

Im Gegensatz zur oberen Donau (BACKHAUS 1968c), wo die Art nur vereinzelt bei einer Gesamthärte von 9.5° dH offenbar an der unteren Grenze ihrer Verbreitung existiert, scheint die wesentlich kalkreichere Erft ein Gewässer zu sein, in dem optimales Wachstum möglich ist. Saprobiologisch wäre *Gongrosira incrustans* danach in kalkreichen Gewässern als eine Form anzusehen, die durch Eutrophierung gefördert wird und ihren Schwerpunkt im oligosaproben bis β-mesosaproben Bereich hat.

Gonium pectorale MÜLLER

Einzelfunde im Unterlauf.

Koliella longiseta HINDAK

Einzelfunde im Mittel- und Unterlauf.

Micractinium pusillum FRES.

Einzelfunde im Unterlauf.

Microspora tumidula HAZEN

Einzelfunde bei Probenstelle 8 und im gesamten Unterlauf von Mai bis Juli.

Microspora wittrocki LAGERH.

Mehrfach auf den Objektträgern an Probenstelle 2, außerdem regelmäßig nahe der Erftquelle im natürlichen Aufwuchs.

Microthamnion kützingianum NÄGELI

Einzelfunde an Probenstelle 12.

Microthamnion strictissimum RABENH.

Mehrfach, aber stets nur einzelne Exemplare im Mittel- und Unterlauf.

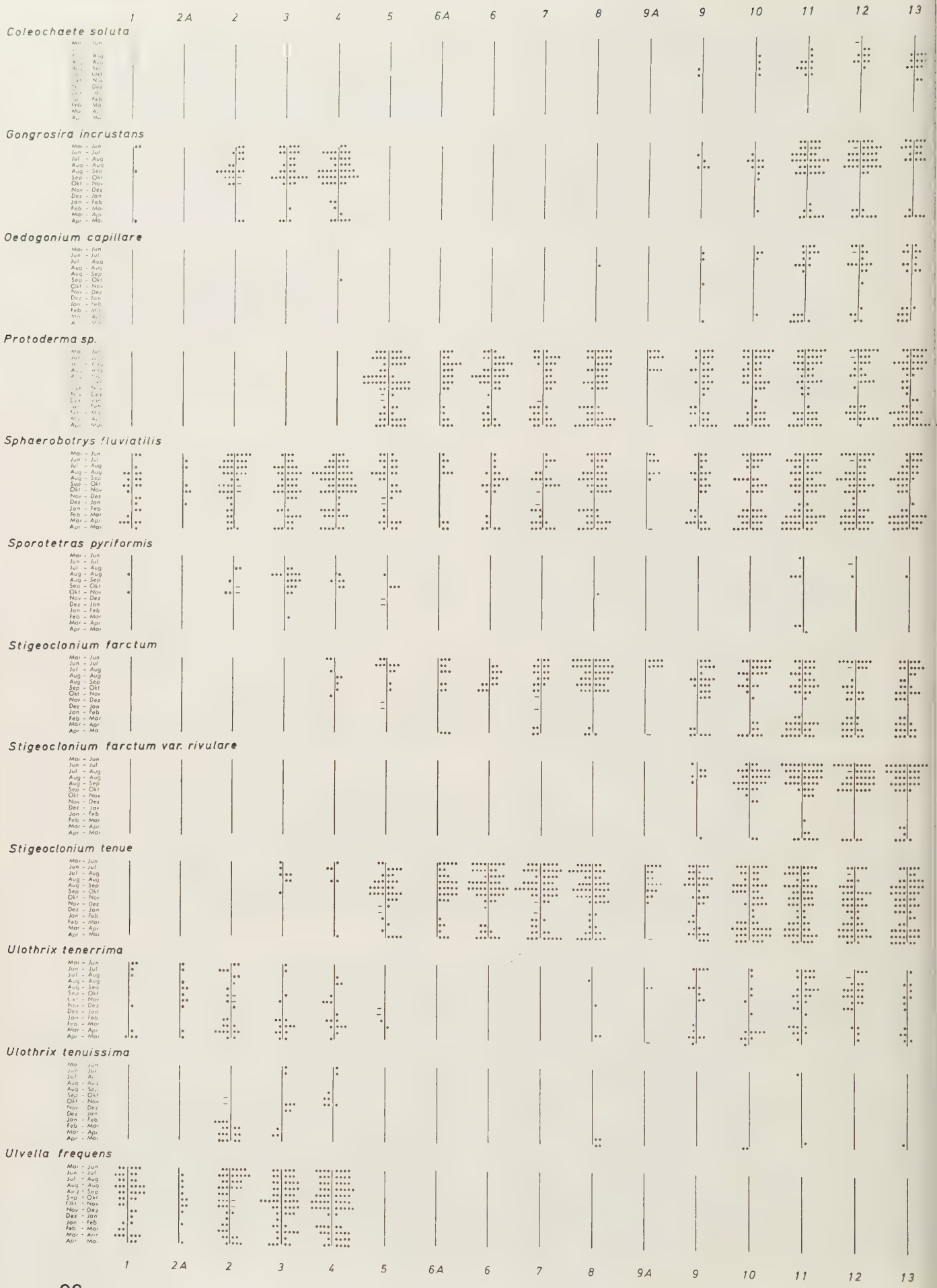
Monoraphidium contortum (THURET) KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ

Einzelfunde im Mittel- und Unterlauf.

Oedogonium capillare (L.) KÜTZ.
(Abb. 42k, S. 96, Tafel 10)

Im Unterlauf der Erft stellten sterile *Oedogonium*-Fäden von 35 - 45 µm Durchmesser einen großen Teil der makroskopisch sichtbaren Grünalgen und waren im Sommer und Spätsommer häufig, insbesondere an gut belüfteten Stellen. Auch auf den Objektträgern sind oft Fäden von gleichem Habitus gewachsen. Durch Rohkultur konnte die Art zur Bildung von Zygoten gebracht werden.

Abb. 42k



Legende siehe S. 65

Oedogonium sp.

Im Oberlauf wurden *Oedogonium*- Fäden von 18 - 28 µm Durchmesser gefunden, die nicht näher zu bestimmen waren, da sie nie fertil wurden, ebenso eine schmalere Form von 12 µm Breite.

Pandorina morum (MÜLLER) BORY

Einzelfunde im Mittel- und Unterlauf.

Pediastrum boryanum (TURPIN) MENEGHINI

Einzelfunde im Unterlauf.

Phacotus lenticularis STEIN

Einzelfunde im Mittellauf.

Polytoma uvella EHRBG.

Einzelfunde im Mittellauf.

Protoderma sp. BACKHAUS 1968
(Abb. 42k, S. 96, Tafeln 12 und 13)

BACKHAUS (1968 c) hat in seiner Donauarbeit eine Chaetophorale beschrieben, die er provisorisch als *Protoderma* sp. bezeichnet hat. Die gleiche Form trat auch in der Erft in großer Menge auf. Ihre Identität mit der aus den Donauquellflüssen wurde von Dr. Backhaus bestätigt. Wie sich inzwischen zeigte (BACKHAUS mündl. Mitt. und eigene Beobachtungen), handelt es sich bei der Form um eine Grünalge, die offenbar in mehr oder weniger verschmutzten Fließgewässern sehr verbreitet und häufig ist. Da BACKHAUS die Alge eingehend beschrieben hat, bleibt hier nur zu bestätigen, daß alle bei ihm mitgeteilten Beobachtungen am Erftmaterial in gleicher Weise festzustellen waren. Die Möglichkeit, *Protoderma* sp. mit *Gongrosira incrustans* in Verbindung zu bringen (BACKHAUS 1968 c), kann nach den Beobachtungen in der Erft ausgeschlossen werden. *Gongrosira* hat zwar in den Jugendstadien gewisse Ähnlichkeiten mit *Protoderma* sp., entwickelt sich aber später völlig anders und ist stets inkrustiert. Letzteres konnte bei *Protoderma* nie beobachtet werden.

In der Erft trat die Alge ab Iversheim als Massenform auf, wo sie die oberhalb vorkommende *Ulvella frequens* BUTCHER ersetzte. *Protoderma* sp. war mit Ausnahme des Winters das ganze Jahr über zu finden und hatte ihre Hauptentfaltungszeit im Sommer. Übereinstimmend mit BACKHAUS kann die Alge als basophil bezeichnet werden. In der Erft besiedelte sie mit hoher Individuendichte die β- und α-mesosaproben Abschnitte und war manchmal sogar im polysaproben Mittellauf sehr häufig, bei allerdings recht guter Sauerstoffversorgung. Als Indikatorart einer bestimmten Gütestufe der Fließgewässer kann die Alge nur sehr beschränkt dienen, denn ihr ökologisches Spektrum ist sehr weit. In der oligosaproben Stufe kommt sie jedoch nicht vor.

Pteromonas angulosa LEMM.

Ab Gymnich (Probenstelle 8) Einzelfunde bis zur Mündung.

Rhizoclonium hieroglyphicum (KÜTZ.) STOCKM.

Vereinzelt im Sommer an den Probenstellen des Unterlaufes, auch auf den Objekträgern, stets selten.

Rhizoclonium cf. *profundum* BRAND.

Einzelfund bei Probenstelle 1 oberhalb Frohngau.

Scenedesmus MEYEN

Arten der Gattung *Scenedesmus* traten meist als Einzelindividuen im Mittel- und Unterlauf auf. *Scenedesmus acutus* MEYEN und *Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BRÉB. erschienen mehrfach, die folgenden Arten waren selten bzw. wurden nur einmal gefunden:

Scenedesmus abundans (KIRCHNER) CHOD.

Scenedesmus acuminatus (LAGERH.) CHOD.

Scenedesmus armatus CHOD.

Scenedesmus ecornis var. *disciformis* CHOD.

Scenedesmus opoliensis P. RICHT.

Scenedesmus spinosus CHOD.

Sphaerobotrys fluviatilis BUTCHER
(Abb. 42k, S. 96, Tafel 13)

Ähnlich wie *Protoderma* sp. scheint *Sphaerobotrys* eine der gemeinsten Algen im Aufwuchs der Fließgewässer zu sein. BUTCHER (1932) beschreibt sie als häufig und weitverbreitet in Flüssen Englands. Nach BACKHAUS (1968 c) ist sie in der oberen Donau und ihren Quellflüssen eine der gemeinsten Formen.

Abgesehen vom Winter war *Spaerobotrys fluviatilis* überall in der Erft zu allen Jahreszeiten zu finden. Von März bis Oktober traten die höchsten Abundanzen auf. In der allgemein nährstoffreichen Erft war die Alge am häufigsten in mäßig verschmutzten Abschnitten und ging, mit allerdings sehr geringer Individuendichte, auch in die polysaprobe Zone hinein.

Sporotetras pyriformis BUTCHER
(Abb. 42k, S. 96, Tafel 11)

Die Alge ist, wie die vorhergehende, wenig bekannt, aus Deutschland bisher nur von BACKHAUS (1968 c) mitgeteilt. Die Identität der Form aus der Erft mit der aus der Donau hat Herr Dr. Backhaus bestätigt. Sein Donaumaterial hat dem Autor der Art vorgelegen. Demgegenüber schreibt BOURRELLY (1966), daß es sich bei dem Kulturmaterial in Cambridge um eine *Chlamydomonas* handelt. Kuturversuche zur Klärung der Frage, ob es sich bei *Sporotetras* tatsächlich um ein eigenes Taxon oder nur um ein besonderes Entwicklungsstadium von *Chlamydomonas*-Arten handelt, konnten nicht angestellt werden. Ihren Schwerpunkt hatte *Sporotetras* in der Erft im Oberlauf bei den Probenstellen 3 und 4, kam aber auch ober- und unterhalb vor. Der stark verschmutzte Mittellauf wurde gemieden. Im Unterlauf, vor allem an der Probenstelle 11, trat die Alge erneut, allerdings wesentlich seltener auf. Sie besaß in der Erft ihr Optimum im β-mesosaproben Bereich, in der Brigach und der oberen Donau (BACKHAUS 1968 c) kurz vor dem Übergang von der α-mesosaproben zur β-mesosaproben Zone. Ob die

Art zur Saprobienindikation geeignet ist, müßten erst noch weitere Untersuchungen ergeben.

Stichococcus bacillaris NÄGELI

Einzelfunde im Oberlauf.

Stigeoclonium KÜTZ.

Arten der Gattung *Stigeoclonium* stellen auch in der Erft einen erheblichen Anteil am Gesamtaufwuchs. Ihre Bestimmung ist jedoch nicht immer leicht und manchmal unmöglich. Daher sind auch hier nur die Formen aufgenommen, deren Bestimmung gesichert scheint.

Stigeoclonium farctum BERTH. (Abb. 42k, S. 96)

Nach BUTCHER (1940, 1946, 1947) scheint die Art in kalkreichen Fließgewässern häufig und β-mesosaprob zu sein. BACKHAUS (1968 c) fand sie in der sauren, kalkarmen oberen Breg und in der leicht alkalischen oberen Donau. Von möglicherweise zu *Stigeoclonium farctum* gehörenden Formen berichtet auch MATTERN (1970) vom Bodensee.

Typische *Stigeoclonium farctum*-Sohlen traten häufig in großer Menge im β-mesosaproben Unterlauf der Erft auf. Hier waren nach vier Wochen Exposition auch bei fast allen Sohlen Wasserstämme gebildet. Im stark verschmutzten Mittellauf trat eine Form auf, die nicht leicht von *Stigeoclonium tenue* zu unterscheiden ist, da auch diese stärker verzweigte Sohlen ausbilden kann und die Zellmaße sich kaum voneinander unterscheiden. In Zweifelsfällen bin ich so vorgegangen, daß ich auch stärkter verzweigte Sohlen, die nicht eindeutig zu *Stigeoclonium farctum* gehörten, als *Stigeoclonium tenue* bezeichnet habe. Da beide Arten nebeneinander vorkamen, ist der Fehler in den Häufigkeitsschätzungen nur gering.

Stigeoclonicum farctum var. *rivulare* BUTCHER (Abb. 42k, S. 96, Tafeln 12 und 14)

Diese von BUTCHER (1932) aus England beschriebene Varietät war eine der charakteristischsten Formen der unteren Erft, wo sie den Sommeraspekt der Aufwuchsbiozönose kennzeichnete. Schon im Oktober verschwand sie weitgehend vom Aufwuchs der Objektträger. Saprobiologisch wäre sie nach ihrem Vorkommen in der Erft als β-mesosaprobe Alge anzusehen. Gleiches Verhalten zeigt sie in der oberen Donau und unteren Breg (BACKHAUS 1968c). Die Bildung von Wasserstämmen ist in der Erft weitgehend unterdrückt, Es konnten nur wenigzellige aufrechte Triebe beobachtet werden, wie sie auf den Tafeln 12 und 14 abgebildet sind. Gelegentlich traten parallele, verödete Streifen quer durch die Lager auf. Bei dieser Erscheinung handelt es sich offensichtlich um Schneckenfraß. Die Streifen intakter Zellen regenerierten zu einzelnen Sohlen (Tafel 12).

Nach ISLAM (1963) ist es möglich, daß *Stigeoclonicum farctum* var. *rivulare* nur ein Stadium reduzierten Wachstums darstellt, wie das in kalkreichem Wasser öfter beobachtet werden kann. Selbst wenn sich herausstellen sollte, daß die Alge den taxonomischen Rang einer Varietät nicht zurecht hat, so behält sie m. E. für die ökologische Analyse ihr Gewicht. Außerdem sei betont, daß *Stigeoclonium farctum* neben der var. *rivulare* häufig war, und ebenso wie *Stigeoclonium tenue* gut entwickelte Wassertriebe besaß.

Stigeoclonium protensum KÜTZ. (Tafel 11)

Im Oberlauf bis Iversheim wurden einige Male im Sommer im natürlichen Aufwuchs Wassertriebe einer *Stigeoclonium*-Art gefunden, die offenbar zu *Stigeoclonium protensum* gehören. Auf den Objekträgern konnte die Art nicht eindeutig identifiziert werden.

Stigeoclonium tenue (AG.) KÜTZ. (Abb. 42k, S. 96, Tafel 15)

Diese Art war der häufigste Vertreter der Gattung in der Erft. Sie kam an den Probenstellen 3 und 4 im Oberlauf vereinzelt vor, hatte ihren Schwerpunkt im stark verschmutzten Mittellauf und erreichte auch im Unterlauf hohe Stetigkeit und Abundanz. Auf die Schwierigkeiten der Identifizierung mancher Wuchsformen wurde schon bei *Stigeoclonium farctum* hingewiesen (vgl. auch BACKHAUS 1968c). Obgleich *Stigeoclonium tenue* fast das ganze Jahr über zu finden war, hatte sie doch ein deutliches Minimum im Winter (Dezember bis Februar), denn zu dieser Zeit war sie sowohl auf den Objektträgern als auch im natürlichen Aufwuchs kaum zu finden. Auf die Abhängigkeit ihrer Periodizität von der Lichtintensität hat ABDIN (1949) hingewiesen. Ihr Entwicklungsmaximum zeigt *Stigeoclonium tenue* im α-mesasoproben Bereich, strahlt aber sehr stark in die β-mesosaprobe Stufe aus. ZELINKA und MARVAN (1961) geben bei insgesamt geringem Indikationsgewicht α-mesosaproben Verhältnisse als Schwerpunkt an. FJERDINGSTAD (1965) bezeichnet die Art als saprophil und weist, wie auch ISLAM (1963), auf die geringe Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Phenolen hin.

Stigeoclonium sp. (Tafel 14)

Im Oberlauf der Erft wuchs auf den Objektträgern selten eine *Stigeoclonium*-Form, bei der die Wasserstammbildung auf wenige Zellen und gegliederte, farblose Haare reduziert war.

Tetraselmis cordiformis STEIN

Einzelfunde im Mittel- und Unterlauf.

Ulothrix tenerrima KÜTZ. (Abb. 42k, S. 96)

Im sauberen Oberlauf recht häufig, fehlte die Art fast völlig im Mittellauf, um dann im Unterlauf wieder häufiger aufzutreten. Die stärkste Entfaltung zeigte sie von März bis April im Oberlauf, im Unterlauf schon ab Februar. Mit Ausnahme der Wintermonate Dezember und Januar, in denen sie kaum zu finden

ist, war sie mehr oder weniger regelmäßig ein untergeordneter Bestandteil der Aufwuchsbiozönose. BUDDE (1931) fand die Art häufig in Salinen, weist jedoch gleichzeitig darauf hin, daß sie auch in reinem Süßwasser vorkommt.
FJERDINGSTAD (1965) charakterisiert *Ulothrix tenerrima* anhand seiner eigenen Befunde und der Literatur als saprophil. In der Erft verhält sich die Alge wie eine Art, die ihren Schwerpunkt im β-mesosaproben Bereich hat.

Ulothrix tenuissima KÜTZ. (Abb. 42k, S. 96)

Am auffälligsten war diese *Ulothrix*-Art im Oberlauf im weiteren Bereich der Probenstelle 2. Hier bildete sich schon im Januar zunächst dicht an der Wasserlinie große Bestände, die dann auf das ganze Bachbett übergriffen. Spätestens im März/April brach die Population zusammen, einzelne Fäden konnten jedoch bis in den Juli hinein gefunden werden. An Probenstelle 3 war außerdem im November eine stärkere Entwicklung zu beobachten. Zwischen den Probenstellen 2-4 war die Art am häufigsten, im natürlichen Aufwuchs sowie auf den Objektträgern. Oberhalb trat sie im natürlichen Bewuchs auf. Einzelne Fäden waren auch an der Probenstelle 8 und im Unterlauf zu finden.

PRINTZ (1964) weist auf die Schwierigkeiten der Unterscheidung junger *Ulothrix zonata* von *Ulothrix tenuissima* hin. Nach den Zelldimensionen und der Dicke der Zellwand scheint mir die Bestimmung *Ulothrix tenuissima* sicher. Typische *Ulothrix zonata* konnte nie beobachtet werden. Entsprechend dem Vorkommen in der Erft wäre *Ulothrix tenuissima* als Schwachlichtform des kaum verschmutzten Oberlaufes zu kennzeichnen.

Ulvella frequens BUTCHER
(Abb. 42k, S. 96, Tafeln 12 und 13)

Ebenso wie in den Oberläufen von Brigach und Breg (BACKHAUS 1968 c) war auch in der oberen Erft *Ulvella* ein sehr häufiger, charakteristischer Vertreter des Aufwuchses. Zusammen mit *Cocconeis placentula* stellte sie den Hauptanteil am Sommeraspekt der Biozönose (vgl. BUTCHER 1940, *Cocconeis-Ulvella*-Gesellschaft). *Ulvella* reagiert sehr empfindlich auf Abwasserbelastung und war ab Probenstelle 5 (unterhalb des Raumes Bad Münstereifel) nicht mehr zu finden. Von hier ab ist sie durch *Protoderma* sp. ersetzt (vgl. dort). An Probenstelle 5 und auch weiter unterhalb traten Wuchsformen von *Protoderma* auf, die zwischen den beiden Arten vermittelten (vgl. Tafel 12). Sie wurden, da nicht eindeutig zu *Ulvella* gehörend, mit zu *Protoderma* gezählt.

Übereinstimmend mit den Befunden von BACKHAUS (1. c.) und BUTCHER (1955) kann die Alge nach ihrem Vorkommen in der Erft als sehr guter Indikator für das Fehlen organischer Verunreinigungen bezeichnet werden. Das gilt nicht nur für nährstoffarme, weiche (BACKHAUS 1968 b) sondern auch für harte, eutrophe Gewässer. So ist sicher auch die Angabe von GODWARD (1937) zu verstehen, der die Alge häufig an der „organic chore" im Lake Windermere fand.

Zygophyceae

Closterium pronum BRÉB.

Einzelfunde an den Probenstellen 7 und 14.

Closterium acerosum (SCHRANK) EHRBG.
(Abb. 42i, S. 93)

Überall in der Erft mit Ausnahme der Probenstelle 1 — vor allem auf Schlammablagerungen. Auch auf den Objektträgern trat die Art in geringer Individuendichte über die ganze Erft verteilt auf, war aber nie besonders häufig.

Closterium moniliferum (BORY) EHRBG.
(Abb. 42i, S. 93)

Nach KRIEGER (1937) ist die Art ein Bewohner eutropher Gewässer mit hohem pH. Tatsächlich war *Closterium moniliferum* in der Erft der häufigste Vertreter dieser Gattung. Nach LIEBMANN (1952) und FJERDINGSTAD (1965) ist die Art β-mesosaprob einzustufen. In der Erft hatte *Cl. moniliferum* seinen Schwerpunkt an den Probenstellen 3 und 4 im sauberen Oberlauf, kam aber auch an den Probenstellen 2A, 2 und 5 vor. Der Mittellauf wurde gemieden, und erst im Unterlauf erschienen wieder Einzelindividuen. Am häufigsten war die Alge im Spätsommer.

Cosmarium CORDA

Einzelfunde nicht näher bestimmter Arten im Ober- und Unterlauf.

Spirogyra circumlineata TRANS. (Tafel 11)

Im Oberlauf erschienen *Spirogyra*-Watten im Frühsommer (Juni) vor allem in Kolken bei Probenstelle 2. Von mehreren Ansätzen wurde eine Probe fertil und konnte als *Spirogyra circumlineata* bestimmt werden. Die nicht fertil gewordenen Fäden hatten das gleiche Aussehen, so daß angenommen werden kann, daß die Art im Erftoberlauf häufig ist.

Spirogyra sp.

Auf den Glasplatten traten nur im Unterlauf von April bis Mai vereinzelt sterile *Spirogyra*-Fäden auf, die einen Durchmesser von 30-47 µm besaßen. Es gelang nicht, die Form zur Zygotenbildung zu bringen, auch nicht bei Material, das an ruhigeren Stellen bei Probenstelle 11 im Oktober und November dicht am Ufer kleinere Watten entwickelt hatte und offenbar zur gleichen Art gehörte.

Charophyceae

Chara sp.

Einzelfunde oberhalb Frohngau, steril.

Protozoa

Rhizopoda

Amoeba vespertilio (Abb. 42l, S. 101)

Unbeschaltete Amoeben, die in den Formenkreis der Sammelart *A. vespertilio* gehörten, wurden überall in der Erft, z. T. sehr regelmäßig angetroffen. Für fundierte ökologische Aussagen wären differenzierte Bestimmungen nötig.

Apogromia mucicola (ARCHER) DE SAEDELEER
(Abb. 42l, S. 101, Tafel 16)

Diese kleine, dem Substrat aufliegende und von einer verockerten Hülle umgebene Testacee ist ähnlich wie das Eisenbakterium *Siderocapsa* und manche Algen, z. B. *Sphaerobotrys fluviatilis* bisher kaum gefunden worden. Bei Untersuchung durchsichtiger Substrate erweist sich, daß diese Formen sehr häufig sind. In der Erft ist *Apogromia* fast nur im Unterlauf aufgetreten, wo sie besonders im Sommer und im Herbst hohe Abundanzen erreichte. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Erftuntersuchung und gestützt durch Beobachtungen an anderen Fließgewässern kann *Apogromia* als β-mesosaprobe Indikatorart angesehen werden. Nicht zu entscheiden ist vorläufig, ob ihre Entwicklung durch die anomalen Temperaturen in der Erft gefördert wird.

Arcella sp.

Gelegentlich Einzelindividuen im Ober- und Unterlauf.

Belaria bicorpor DE SAEDELEER
(Abb. 42l, S. 101, Tafel 16)

Wesentlich seltener als *Apogromia* war die ähnlich gebaute *Belaria*, die mit Ausnahme eines Einzelfundes im Oberlauf nur den Unterlauf besiedelte. Die Hauptentwicklungszeit lag wie bei *Apogromia* im Sommer und im Herbst. Auch für *Belaria* wäre zu prüfen, ob sie nicht als β-mesosaprobe Indikatorart anzusehen ist.

Centropyxis aculeata (EHRBG.) STEIN
(Abb. 42l, S. 101)

Diese Testacee war auf den Unterlauf beschränkt und bevorzugte deutlich geringe Strömung (Probenstelle 11). Eine eindeutige jahreszeitliche Periodik läßt sich aus dem Vorkommen in der Erft nicht ableiten. In Bezug auf ihre Saprobieindikation verhält sich die Art als β-mesosaprobe Form. So ist sie auch bereits eingestuft (SLÁDEČEK 1963).

Diplophrys archeri BARKER

Diese in belasteten Gewässern häufige Form trat auch in der Erft regelmäßig auf und fehlte nur an den obersten, sauberen Probenstellen in der Eifel. Am häufigsten war *Diplophrys* bei Iversheim und im gesamten, stark belasteten Mittellauf. Ihr Verhalten in der Erft entspricht ihrer Einstufung als α-mesosaprobe Form.

Vahlkampfia sp. (Abb. 42l, S. 101)

Neben *V. limax* kamen noch andere, nicht näher bestimmte Formen überall in der Erft vor, wobei die Probenstellen des sauberen Oberlaufes am schwächsten, die der Verschmutzungszone am stärksten besiedelt waren.

Microcometes paludosa CIENKOWSKI
(Abb. 42l, S. 101, Tafel 16)

Ähnlich wie die geographische Verbreitung von *Apogromia* und *Belaria* ist auch die von *Microcometes* weitgehend unbekannt. In der Erft und in anderen Gewässern der näheren und weiteren Umgebung konnte die Testacee häufig gefunden werden. Vereinzelt trat sie an fast allen Probenstellen auf. Charakteristischer Bestandteil der Aufwuchsbiozönose war sie im Mittel- und Unterlauf, wobei im Unterlauf der Besiedlungsschwerpunkt lag. Die Art war zu allen Jahreszeiten häufig, ohne daß eine bevorzugte Entwicklungszeit festzustellen wäre. Nach ihren Vorkommen in der Erft und den übrigen Beobachtungen scheint *Microcometes* eine Form zu sein, die sich bevorzugt in β-mesosaproben Gewässern entwickelt, aber auch unter α-mesosaproben Verhältnissen noch gedeihen kann.

Ciliata, sessile Formen

Carchesium polypinum (LINNÉ) (Abb. 42l, S. 101)

Als typischer Bewohner α-mesosaprober Gewässer hatte *Carchesium* in der Erft seinen Schwerpunkt im stark belasteten Mittellauf, wo es zu allen Jahreszeiten, besonders häufig von Oktober bis Dezember, vorkam. Eine wesentlich ausgeprägtere jahreszeitliche Periodik war im saubereren, winterwarmen Unterlauf festzustellen. In den Monaten April bis September, d. h. in der von den Autrophen beherrschten Zeit, war *Carchesium* im Unterlauf selten bzw. nicht häufig. Von Oktober bis Dezember erschien der Ciliat zum Teil massenhaft. NUSCH (1970) fand, daß zwischen *Carchesium* auf der einen und *Sphaerotilus* auf der anderen Seite eine ausgeprägte Raumkonkurrenz besteht. In der unteren Erft hat *Carchesium* dagegen sein Entwicklungsmaximum zusammen mit *Sphaerotilus*. Zu der Zeit ist allerdings wegen Lichtmangel die Konkurrenz der Algen ausgeschaltet. In der Abwasserstrecke spielt Konkurrenz durch Algen meist eine weniger gravierende Rolle, zumal hier nur einige Arten zu stärkerer Entwicklung gelangen können. Zu Zeiten intensiven Wachstums von *Stigeoclonium tenue* waren erhebliche Besiedlungsunterschiede zwischen den Ober- und Unterseiten der Aufwuchsträger festzustellen. Bei gleichem Arteninventar erschienen die Oberseiten makroskopisch grün durch *Stigeoclonium*, während die Unterseiten durch *Carchesium* milchig-grau gefärbt waren.

ende siehe S. 65

Da *Carchesium* sein Wintermaximum auch unter der Bedingung hoher Wintertemperaturen behält, bedürfen die bei Freilanduntersuchungen gefundenen Optimaltemperaturen von 4-8°C (BICK 1967-69, BICK und KUNZE 1971) der Korrektur. Wie schon eingangs betont, lag auch in der thermisch anomalen unteren Erft die Hauptentwicklungszeit im Winter, aber bei Temperaturen zwischen 9 und 18°C. Das Wintermaximum scheint mir, wie auch bei *Sphaerotilus* und *Crenothrix* festgestellt, hauptsächlich durch fehlende Raumkonkurrenz der Autotrophen bedingt zu sein.

Cothurnia sp.

Einzelfunde im Oberlauf und etwas häufiger im Unterlauf, besonders von Oktober bis Dezember.

Epistylis plicatilis EHRBG.

Nach BICK und KUNZE (1971) kommt *E. plicatilis* in β und α-mesosaproben Gewässern gehäuft im Sommer vor und besitzt mittleres Indikationsgewicht.

In der Erft ist *Epistylis* mit Ausnahme eines Einzelfundes erst ab Kerpener Wald (Probenstelle 9A unterhalb der Neffelbachmündung) aufgetreten und bevorzugte Probenstellen mit geringer Strömung.

In der Zeit von April bis Juni war die geringste Individuendichte festzustellen. Entsprechend seiner Ernährungsweise erschien *Epistylis* am häufigsten in der Zeit der Massenentwicklung von *Sphaerotilus,* d. h. von Herbst bis Frühjahr.

Opercularia sp.

Vereinzelt im Mittel- und Unterlauf.

Platycola truncata FROMENTEL (Abb. 42l, S. 101)

Platycola trat mit Ausnahme der Abwasserstrecke überall in der Erft auf. Im Oberlauf handelte es sich jedoch meist um Einzelfunde. Nur unterhalb Schönau (Probenstelle 4) kam *Platycola* häufiger und auch einmal in größerer Zahl vor. Der Besiedlungsschwerpunkt lag im Unterlauf der Erft zwischen Frimmersdorf und Wevelinghoven (Probenstellen 11-13). Die Bevorzugung einer bestimmten Jahreszeit ist nicht zu erkennen, deutlich dagegen ein Minimum von Dezember bis Februar, ähnlich den Befunden von KRALIK (1961) an der Elster. Saprobiologisch verhält sich *Platycola* in der Erft wie in der Literatur angegeben (SLÁDEČKOVÁ und SLÁDEČEK 1966) als Form mit breiter Spanne, die von oligosaprob bis α-mesosaprob reicht.

Pyxicola annulata LEIDY

Mehrfache Einzelindividuen im Unterlauf.

Stentor sp.

Vertreter der Gattung *Stentor* erscheinen vereinzelt im Mittel- und Unterlauf.

Vorticella microstoma EHRBG. (Abb. 42l, S. 101)

Mit Ausnahme des sauberen Oberlaufes trat *V. microstoma* überall in der Erft auf. Massenentwicklungen waren nie festzustellen, höhere Individuendichten wurden vor allem an den Probenstellen des stark verschmutzten Mittellaufes erreicht.

Vorticella sp. (Abb. 42l, S. 101)

Überall in der Erft traten Vertreter der Gattung *Vorticella* auf, die nicht weiter differenziert wurden. Sie gehörten ganz überwiegend in den Formenkreis *V. nebulifera* O. F. MÜLLER *var. similis* (STOCKES) NOLAND und FINNLEY und *V. convallaria* L. Im Oberlauf waren stets nur einzelne Individuen auf den Aufwuchsträgern vorhanden, etwas häufiger auf der Unterseite der Steine, vor allem bei Probenstelle 4 unterhalb Schönau. Auf den im Mittelauf exponierten Objektträgern war *Vorticella* meist sehr häufig, fehlte jedoch weitgehend im Winter. Dies kann eine Folge der stärkeren Strömung bei erhöhten Wasserständen sein. Im Gegensatz dazu war im Unterlauf besonders im Winter starke Entwicklung, gleichzeitig mit *Carchesium* sowie *Sphaerotilus* und *Crenothrix* zu beobachten.

Vorticella striata DUJARDIN

Nur einzelne Individuen, besonders im Mittellauf.

Zoothamnion sp. (Abb. 42l, S. 101)

Zwischen anderen peritrichen Ciliaten traten in der unteren Erft vor allem vom Herbst bis zum Frühjahr regelmäßig Kolonien von *Zoothamnion* auf. Die Individuendichte war meist gering. Nur im Kerpener Wald (Probenstelle 9A) sowie bei Wevelinghoven und Neuss (Probenstellen 13 und 14) konnte jeweils einmal stärkere Entwicklung beobachtet werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen *Zoothamnion* als β-α- mesosaprob erscheinen.

Suctoria

Mit Ausnahme von *Tokophrya lemnarum* traten Suktorien nur vereinzelt auf. Sie wurden ab Schönau (Probenstelle 4) mit deutlichem Schwerpunkt an den Probenstellen des stark verschmutzten Mittellaufes entlang der gesamten Erft gefunden. Folgende Arten wurden bestimmt: *Acineta limnetis* GOODRICH u. JAHN, *Heliophrya riederi* MATTHES, *Metacineta mystacina* (EHRBG.), *Podophrya fixa* MÜLLER, *Staurophrya* sp., *Tokophrya lemnarum* STEIN, und *Trichophrya* sp.

Heliophrya erschien von Schönau bis Neuss mehrfach.

Podophrya besiedelte fast nur die Abwasserstrecke.

Tokophrya lemnarum war ab Weilerswist (Probenstelle 6) regelmäßig zu finden, häufig und z. T. mit größerer Individuendichte an den Probenstellen des Mittellaufes bei Liblar und Gymnich.

2.10.2. *Synökologische Betrachtungen*

Entsprechend der soziologischen Bearbeitung der Vegetation höherer Pflanzen, die inzwischen zu einem sehr erheblichen Reifegrad gediehen ist (BRAUN-BLANQUET 1964, ELLENBERG 1963), hat es nicht an Versuchen gefehlt, auch die Algen des Süßwassers einer soziologischen Untersuchung zu unterziehen. Trotz vieler Arbeiten, zusammenfassend dargestellt z. B. bei FETZMANN (1956), FJERDINGSTAD (1964), MARGALEF (1960), SCHLÜTER (1961), SCHMITZ (1965), SYMOENS (1951), THUNMARK (1945) und zuletzt bei BEHRE (1967) und GOLUBIĆ (1967), ist die grundsätzliche Diskussion noch nicht beendet (z. B. BACKHAUS 1968 a). Unbestritten ist die Tatsache, daß die Aufwuchsalgen der Fließgewässer in Artenkombinationen auftreten, die eine Folge des gesamten Wirkungsgefüges der Ökofaktoren, also kausal begründet sind. Auch im Saprobiensystem, dem für die Beurteilung des Gütezustandes der Fließgewässer große Bedeutung zukommt, ist der soziologische Aspekt in starkem Maße enthalten. Die Diskussion um das Saprobiensystem und die Einstufung der Organismen in dem System sind eine Parallele zu der bis in jüngste Zeit geführten Diskussion um grundsätzliche Fragen der Soziologie der höheren Pflanzen.

Die Frage, ob es sich bei den Vergesellschaftungen der Algen um „echte" (d. h. selbständige) oder „zugehörige" (d. h. zu den höheren Pflanzen zugehörig) Gesellschaften handelt, wurde unterschiedlich beantwortet. ROLL (1939) hat seinen Phanerogamentabellen die Algen angefügt. Auch KRAUSE (1971) ergänzt seine Bearbeitung der makrophytischen Wasservegetation des Oberrheingebietes mit den makroskopisch sichtbaren Algen, so daß er zu Vegetationseinheiten kommt, die sowohl von höheren Pflanzen als auch von Algen bestimmt sind. PANKNIN (1945) geht davon aus, daß es sowohl echte Algengesellschaften (z. B. in Gebirgsbächen ohne Makrophytenvegetation) als auch zugehörige Gesellschaften (z. B. auf höheren Wasserpflanzen wachsend) gibt. RAABE (1951) kommt zu dem Ergebnis, daß eine gemeinsame Erfassung der Phanerogamen und Algen nicht sinnvoll ist. Die Aufwuchsalgen wachsen meist ebenso auf höheren Pflanzen wie toten, festen Substraten. Deshalb dürfte es nicht glücklich sein, von „zugehörigen Gesellschaften" zu sprechen und dabei die Notwendigkeit von Makrophyten vorauszusetzen.

Arbeitstechnisch ist die Untersuchung der mikroskopisch kleinen Algen so sehr von der der Makrophyten verschieden, daß es auch da bei gemeinsamer Bearbeitung zu erheblichen Schwierigkeiten kommt. Wenn bei der Beschreibung der Makrophytengesellschaften an den Probenstellen der Erft die Rotalge *Compsopogon hookeri* mit aufgeführt ist, so deshalb, weil sie aufgrund ihrer Größe physiognomisch und funktionell einer höheren Pflanze gleichzusetzen ist.

Die bekannten Differenzierungen im Auftreten bzw. der Häufigkeit mancher Algen in Abhängigkeit vom Substrat, im vorliegenden Falle z. B. für *Cocconeis pediculus* diskutiert, aber auch sonst bekannt (PROWSE 1959), sind wohl am besten als besondere Aspekte einer Gesellschaft zu sehen, die den Gesamtstandort charakterisiert. Selbst wenn man nur die Algen der Aufwuchsbiozönose betrachtet und davon ausgeht, daß auch die farblosen, heterotrophen Formen hinzugezählt werden sollen, andere heterotrophe Organismen wie sessile peritriche Ciliaten aber nicht dazugehören oder zumindest außer Betracht bleiben sollen, ergeben sich große Probleme.

Am erfolgreichsten und am wenigsten umstritten war bisher die soziologische Bearbeitung extremer Standorte, die auch den Ausgangspunkt solcher Arbeiten bilden sollten. Beim Übergang von den extremen zu „normalen" Biotopen wachsen die Schwierigkeiten, was BEHRE (1967) zu der Forderung bringt, in diesen Fällen zunächst nicht mit scharf definierten Algengesellschaften unter Verwendung der festen Termini der Pflanzensoziologie (z. B. Assoziationsbezeichnungen mit der Endung -etum oder Verbände mit Endung -ion) zu arbeiten, sondern neutral von „Gesellschaften" ohne Angabe der Rangordnung zu sprechen. Wie weit zurück die Soziologie der Algen des Süßwassers gegenüber der der höheren Pflanzen ist, zeigt sich sehr augenfällig an dem umfassenden Standardwerk von BRAUN-BLANQUET (1964), in dem bei 768 Seiten Text nur wenig mehr als 8 Seiten den limnischen Algengesellschaften gewidmet sind. Wörtlich schreibt BRAUN-BLANQUET: „Die Systematik der reinen Kryptogamengesellschaften ist trotz Bemühungen von verschiedenen Seiten noch nicht so weit gediehen, daß sie heute schon in eine Gesamtübersicht gebracht werden könnte." (l. c. S. 141).

Wegen der erheblichen taxonomischen und oft auch technischen Schwierigkeiten wird sicher auch weiterhin bei bestimmten Biotopen oder bestimmten Fragestellungen mit Taxozönosen gearbeitet werden müssen. Sie sollten aber nicht in ein nomenklatorisches System eingebaut werden, das sich bei Ausdehnung der Untersuchungen auf mehrere Organismengruppen dann als hinderlich erweist und einen Ballast an Namen schafft. Die Beschreibung von Taxozönosen als Assoziationen und Verbände — z. B. SCHLÜTER (1961) für Kieselalgengesellschaften — mit der gleichen nomenklatorischen Technik wie bei den höheren Pflanzen, hat zur Folge, daß nur Teilaspekte von Phytozönosen mit höherwertigen Namen belegt werden. Wie die Ergebnisse der vorliegenden sowie methodisch ähnlicher Arbeiten zeigen, ergibt erst die Untersuchung des gesamten Aufwuchses ein klares Bild vom Aufbau und der Dynamik der Mikroorganismengesellschaften fester Substrate. Natürlich wachsen der Zeit- und Arbeitsaufwand sowie die taxonomischen Schwierigkeiten ganz erheblich durch die Ausweitung der Untersuchungen auf den gesamten Aufwuchs, denn die exakte Bestimmung der Algen und Protozoen ist aus vielerlei schon oft genannten Gründen — insgesamt gesehen — schwieriger und zeitraubender als die der Phanerogamen. Das hat z. B. RIETH (1964) ausführlich dargelegt. Die genannten Schwierigkeiten sollten dennoch kein Grund sein, nur sehr begrenzte Aspekte von Bio- oder Phytozönosen zu untersuchen und darauf Systeme zu errichten.

Im Folgenden werden keine Gesellschaften aufgestellt. Stattdessen sollen zunächst Leitformen herausgearbeitet werden. Grundlage ist die Häufigkeit der Arten auf den Aufwuchsträgern. Als Leitformen werden alle die Arten herangezogen, die mindestens an einer Probenstelle mehr als einmal mittlere Häufigkeit (Stufe 3) erreicht haben. Sie sind auf Abb. 44 S. 105 zu Gruppen gleicher oder ähnlicher Verbreitung zusammengefaßt und innerhalb dieser alphabetisch geordnet. So kann eine bestimmte Art am schnellsten gefunden werden. Die Vernachlässigung seltener Formen ist an sich sehr problematisch und eigentlich ein Widerspruch zur soziologischen Betrachtungsweise, vor allem schon deshalb, weil seltene Arten u. U. einen hohen Zeigerwert haben können. Die Berücksichtigung auch der seltenen Mikroorganismen von Fließgewässern birgt jedoch einen zu hohen Grad an Unsicherheit in sich. Zum Beispiel läßt sich bei Diatomeen, die in den Präparaten an einer oder wenigen Probenstellen nur einige Male vereinzelt beobachtet wurden nicht ausschließen, daß sie bei entsprechendem Arbeitsaufwand nicht auch noch anderwärts aufzufinden wären. Weiterhin muß immer mit der Verschleppung von Einzelindividuen gerechnet werden, die demzufolge für eine ökologische Aussage unbrauchbar sind. SCHMITZ (1965) kommt bei seiner Analyse grundsätzlicher Fragen der Mikrophytensoziologie zum gleichen Ergebnis. Deshalb sind in Abb. 44 alle Vorkommen mit Häufigkeiten unter Stufe 3 weggelassen. So wird die Bevorzugung bestimmter Erftabschnitte deutlich. Unter Beachtung der vorstehenden Einschränkungen lassen sich 8 Gruppen fassen:

1. Leitformen des Oberlaufes

Diese Gruppe umfaßt 17 Formen, von denen auf den Objektträgern quantitativ besonders *Cymbella ventricosa, Diatoma vulgare, Meridion circulare, Navicula gracilis, Rhoicosphenia curvata, Sphaerotilus natans* f. *dichotoma* und *Ulvella frequens* hervortreten. Aus den schon im autökologischen Teil erläuterten Gründen unterrepräsentiert sind *Cladophora glomerata, Homoeothrix crustacea* und *Phormidium incrustatum.* Dazu kommen die beiden Kieselalgen *Cocconeis pediculus* und *Rhoicosphenia curvata,* welche bevorzugt Epiphyten von *Cladophora* sind. Nicht auf den Objektträgern vorkommend, aber ein wesentlicher Bestandteil der Algenvegetation ist *Batrachospermum moniliforme* und die dazugehörigen *Chantransia*-Stadien. Innerhalb dieser Gruppe sind noch weitere Differenzierungen zu erkennen. Am auffälligsten ist das Abfallen der Häufigkeitskurve der meisten Arten an Probenstelle 2 A. Dies ist auf die schon im autökologischen Teil mehrfach erwähnte Beeinträchtigung des Aufwuchses (auch des natürlichen) durch aus einem Steinbruch abgetriebene Mineralien zurückzuführen, letztlich doch wieder ein Ausdruck der ökologischen Verhältnisse, denn wegen dieses mineralischen Materials entwickelt sich die Biozönose vor allem quantitativ anders, als es aufgrund der sonstigen Gegebenheiten der Fall wäre.

Die zweite auffällige Erscheinung ist die Tatsache, daß die Oberlaufformen an Probenstelle 5, die physiographisch zum unteren Oberlauf der Erft gehört, nicht mehr häufig, z. T. sogar schon verschwunden sind. Nach Lage der Dinge ist dies nicht als die Folge einer natürlichen Umstellung der Biozönose zu sehen, sondern als Ergebnis der anthropogenen Einflüsse, d. h. der Abwässer aus dem Raume Bad Münstereifel. Eine weitere Differenzierung zeigt sich noch zwischen den Probenstellen 1—4. Probenstelle 1 und 2 A sind zeitweise mit großen Mengen von *Betrachospermum* bewachsen. Unmittelbar unterhalb der Probenstelle 2 kommt die Alge an einer Brücke vor, fehlt dann aber im übrigen Lauf. *Cladophora* tritt erst ab Probenstelle 3 und dann gleich in großer Menge und Regelmäßigkeit zusammen mit *Closterium moniliferum* und den Kieselalgen *Cocconeis pediculus* und *Rhoicosphenia* (s. o.) auf.

Die Probenstelle 2 ist gekennzeichnet durch intensive Entwicklung von *Ulothrix tenuissima* im Spätwinter und Frühjahr, wie sie sonst nur noch in wesentlich schwächerer Ausbildung an den nach oben und unten benachbarten Probenstellen beobachtet werden kann.

2. Leitformen, die im Oberlauf ihren Schwerpunkt besitzen, aber auch im Unterlauf zu stärkerer quantitativer Entfaltung gelangen können.

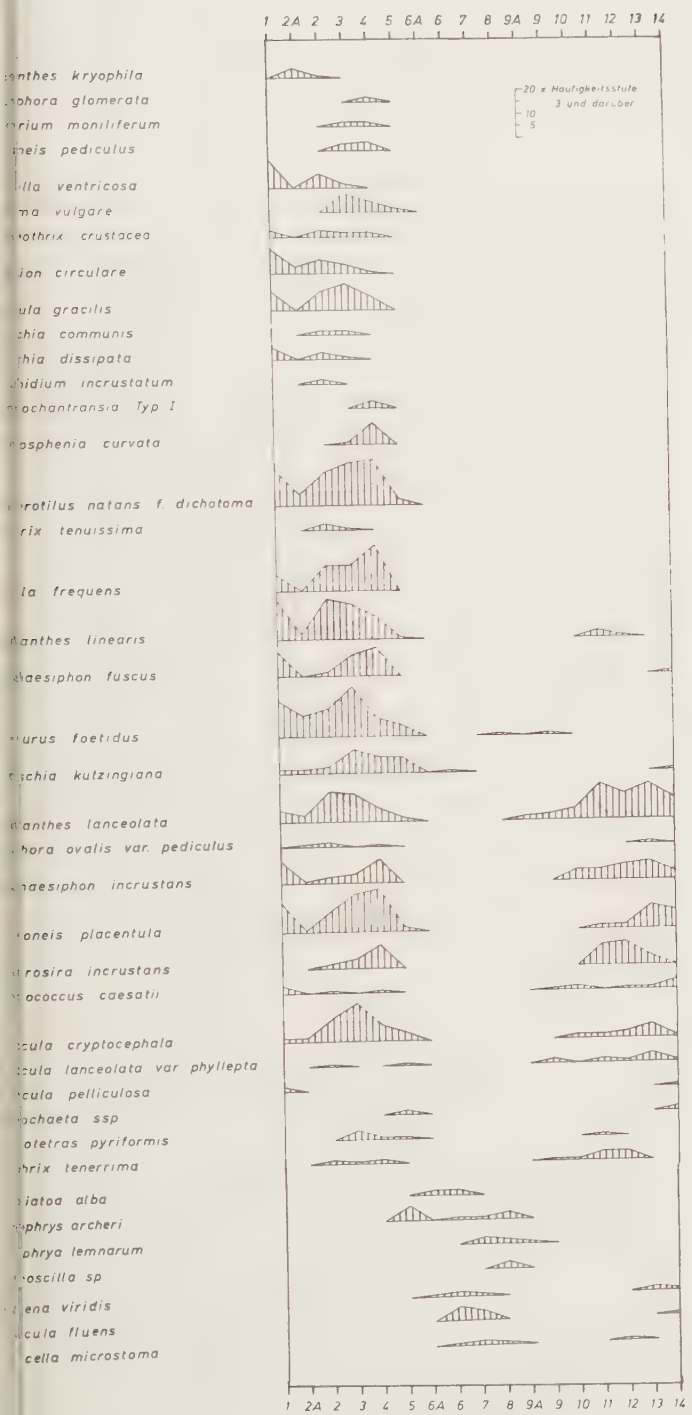
Zu dieser Gruppe gehören 4 Arten: *Achnanthes linearis, Chamaesiphon fuscus, Hydrurus foetidus und Nitzschia kützingiana.*

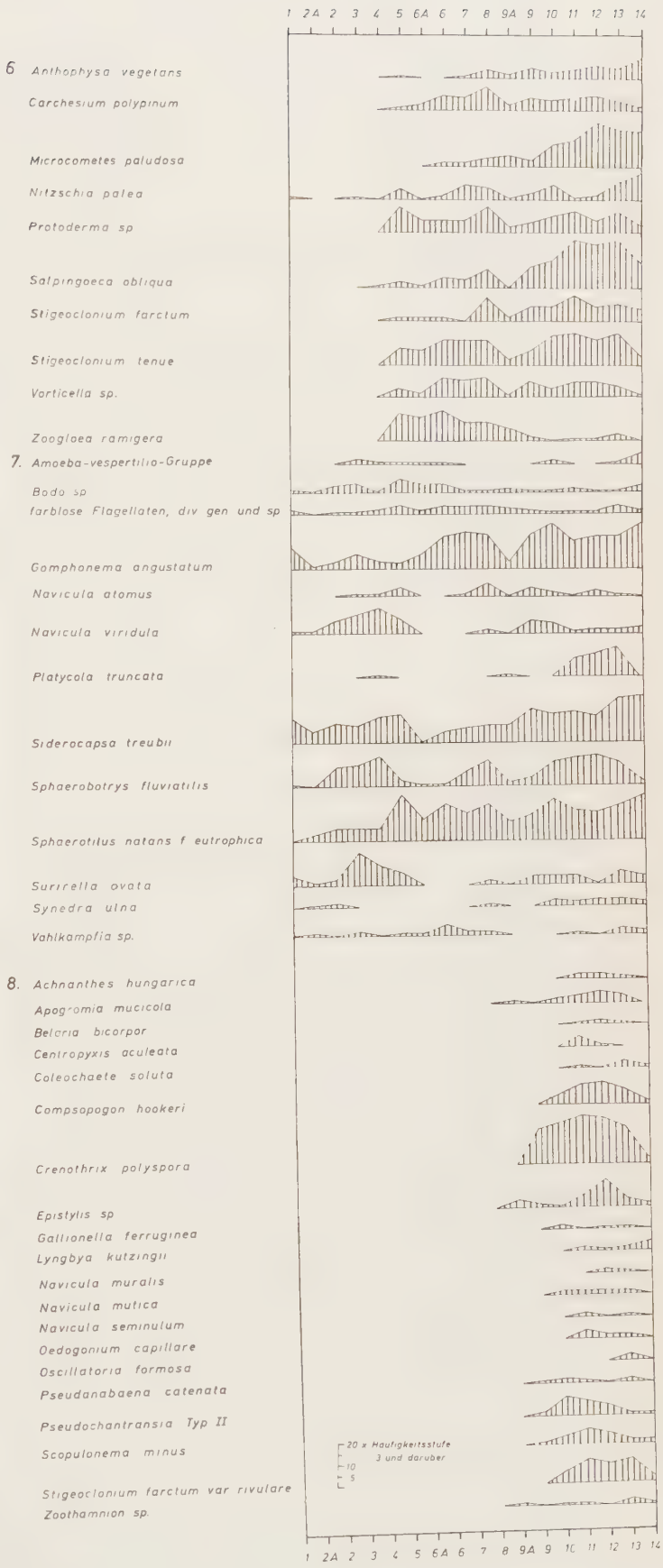
Achnanthes linearis kann in der Erft überall angetroffen werden. Außerhalb ihres eigentlichen Wuchsbereiches im Oberlauf vermag diese Kieselalge auch im Unterlauf gut zu gedeihen, wenn das Gewässer nicht zu stark mit Abwasser belastet ist. *Chamaesiphon fuscus* erreicht außerhalb des sauberen Oberlaufes im Unterlauf dann größere Häufigkeit, wenn durch stärkeres Gefälle und gute Durchlüftung dem Oberlauf zumindest in dieser Hinsicht ähnliche Verhältnisse vorliegen.

Bei *Hydrurus* haben wir es mit einer Art zu tun, die — wie schon im autökologischen Teil erwähnt — die Verschmutzung an Probenstelle 5 soweit erträgt, daß sie hier in großer Menge in der Zeit ihres Entwicklungsmaximums vorkommen kann, und bei der ungeheuren Menge an Zoosporen so viele unbeschädigt talwärts verdriftet werden, daß bis in den Unterlauf der mikroskopische Nachweis der Art möglich ist. Natürlich werden die Lager hier nicht groß. Auf *Nitzschia kützingiana* und ihr Verhalten im Vergleich mit *Nitzschia palea* wurde schon im autökologischen Teil eingegangen.

3. Leitformen, die im Ober- und Unterlauf gleiche oder doch weitgehend gleiche Massenentfaltung erreichen können.

Diese Gruppe umfaßt 12 Arten und ist in sich nicht ganz homogen. Man könnte sie weiter untergliedern, würde damit aber mehr an Übersichtlichkeit verlieren als an Exaktheit hinzugewinnen. Eines ist allen Arten dieser Gruppe gemeinsam: Sie können unter den α-mesosaproben bis polysaproben Verhältnissen der mittleren Erft trotz relativ guter Sauerstoffversorgung und zumindest an einigen Stellen auch dem Oberlauf ent-


1 2A 2 3 4 5 6A 6 7 8 9A 9 10 11 12 13 14
20 x Häufigkeitsstufe
3 und darüber
10
5
anthes kryophila
ohora glomerata
rium moniliferum
neis pediculus
lla ventricosa
ma vulgare
othrix crustacea
ion circulare
ula gracilis
chia communis
chia dissipata
hidium incrustatum
ochantransia Typ I
osphenia curvata
rotilus natans f. dichotoma
rix tenuissima
la frequens
anthes linearis
haesiphon fuscus
urus foetidus
schia kutzingiana
anthes lanceolata
hora ovalis var. pediculus
haesiphon incrustans
oneis placentula
rosira incrustans
ococcus caesatii
cula cryptocephala
cula lanceolata var phyllepta
cula pelliculosa
chaeta ssp
otetras pyriformis
hrix tenerrima
iatoa alba
phrys archeri
phrya lemnarum
oscilla sp
ena viridis
cula fluens
cella microstoma


1 2A 2 3 4 5 6A 6 7 8 9A 9 10 11 12 13 14
6 Anthophysa vegetans
Carchesium polypinum
Microcometes paludosa
Nitzschia palea
Protoderma sp
Salpingoeca obliqua
Stigeoclonium farctum
Stigeoclonium tenue
Vorticella sp.
Zoogloea ramigera
7. Amoeba-vespertilio-Gruppe
Bodo sp
farblose Flagellaten, div gen und sp
Gomphonema angustatum
Navicula atomus
Navicula viridula
Platycola truncata
Siderocapsa treubii
Sphaerobotrys fluviatilis
Sphaerotilus natans f eutrophica
Surirella ovata
Synedra ulna
Vahlkampfia sp.
8. Achnanthes hungarica
Apogromia mucicola
Belaria bicorpor
Centropyxis aculeata
Coleochaete soluta
Compsopogon hookeri
Crenothrix polyspora
Epistylis sp
Gallionella ferruginea
Lyngbya kutzingii
Navicula muralis
Navicula mutica
Navicula seminulum
Oedogonium capillare
Oscillatoria formosa
Pseudanabaena catenata
Pseudochantransia Typ II
Scopulonema minus
Stigeoclonium farctum var rivulare
Zoothamnion sp.
20 x Häufigkeitsstufe
3 und darüber
10
5

sprechender Strömungsgeschwindigkeit nicht zur Entwicklung gelangen.

Der starke Abfall der quantitativen Entfaltung von *Cocconeis placentula* vom eutrophen zum verschmutzten Oberlauf, d. h. von Schönau bis Iversheim (Probenstellen 4 und 5) und die deutlich schwächere Entwicklung im Unterlauf zeigen, daß die Kieselalge offensichtlich ihren optimalen Lebensraum im unverschmutzten Oberlauf hat.

Auf die Unsicherheit in der Bestimmung der im Unterlauf gefundenen *Gongrosira* wurde schon im autökologischen Teil hingewiesen.

4. und 5. Leitformen, die nur im Mittellauf- bzw. Mittel- und Unterlauf häfig sind.

Diese Gruppe ist sehr klein. *Vitreoscilla* war nur an Probenstelle 8 häufig. *Euglena viridis* erreichte ihre höchste Individuendichte in der Abwasserstrecke und dann noch einmal an Probenstelle 13 im Unterlauf. Interessant ist *Navicula fluens*, die ein ausgesprochenes Maximum an den Probenstellen 6 und 7 hatte. Sonst ist ja der mittlere, stark verschmutzte Erftabschnitt in erster Linie negativ durch das Fehlen oder durch das starke Zurücktreten aller Algen charakterisiert.

6. Leitformen, die vom unteren Oberlauf ab (Probenstelle 5) häufig sind.

Während *Anthophysa* aus seinem Schwerpunkt im unteren Erftabschnitt nur nach oben ausstrahlte, hatte *Zoogloea* ihr Hauptentwicklungsgebiet im stark verschmutzten Teil der Erft, der ja schon im Oberlauf beginnt. Andere Arten und zwar *Salpingoeca obliqua, Microcometes paludosa* und *Stigeoclonium farctum* hatten ebenfalls ihren Schwerpunkt im Unterlauf. *Carchesium polypinum, Protoderma* sp., *Stigeoclonium tenue* und *Vorticella* sp. erreichten ab Iversheim hohe Abundanzwerte, wobei in gleicher Weise wie bei vielen anderen Algen im Kerpener Wald (Probenstelle 9A) eine deutliche Abnahme festzustellen ist. Dieser Knick in der Kurve hat zwei Ursachen: Zum ersten wurde diese Probenstelle nur ein Jahr untersucht, so daß sich eine geringere Höhe der Kurve, selbst bei gleich dichter Besiedlung ergeben muß. Zum zweiten war die Probenstelle zu allen Zeiten auffällig schwach besiedelt (ausgenommen *Siderocapsa treubii).* Aus den chemischen Befunden ist nicht zu ersehen, was die Ursache sein könnte. Die Probenstelle ist im Osten und Westen von hohem Wald umgeben und hat ein deutlich schlechteres Lichtklima als die übrigen Probenstellen. Möglicherweise spielen hier auch chemische Komponenten des Wasser eine Rolle, die der oberhalb mündende, sehr stark belastete Neffelbach mitbringt, die aber bei den Analysen nicht erfaßt wurden.

7. Leitformen, die im gesamten Erftlauf mehr oder weniger gleichmäßig häufig sind.

Wenn man von den wenig genau bestimmten Formen *Bodo* sp., den übrigen farblosen Flagellaten, *Vahlkampfia* und *Amoeba* absieht, sind es 9 Formen, die entlang des gesamten Flußlaufes häufig sein können. Interessant sind auch in dieser Gruppe wieder die Arten, bei denen sich charakteristische Minima zeigen. Ein solches ist bei *Siderocapsa treubii* und *Sphaerobotrys fluviatilis* aufgetreten, die beide an der polysaproben Probenstelle 6A offenbar gerade noch existieren können, vielleicht wegen der relativ guten Sauerstoffversorgung. Die Vorkommen von *Navicula viridula, N. atomus, Surirella ovata* und *Synedra ulna* im Mittellauf waren ebenfalls recht schwach. *Navicula viridula* und *Surirella ovata* bevorzugten deutlich die eutrophen Abschnitte des Oberlaufes, sind aber als Leitformen für diesen Abschnitt nicht geeignet, weil ihre Vorkommen zu sehr streuen.

Schwierig einzuordnen ist *Platycola truncata,* die ein ganz ausgeprägtes Maximum im Unterlauf hatte. Da sie aber auch oberhalb häufig sein konnte, ist sie in diese Leitformengruppe eingefügt.

8. Leitformen des Unterlaufes

Auch diese Gruppe ist nicht ganz homogen und setzt sich aus zwei Untergruppen zusammen: 1. Formen, die nur im Unterlauf häufig waren, aber auch in den anderen Bereichen vereinzelt vorkamen, 2. Formen, die auf den Unterlauf beschränkt waren. Zu 1. gehören *Achnanthes hungarica, Apogromia mucicola, Belaria bicorpor, Centropyxis aculeata, Epistylis* sp., *Gallionella ferruginea, Navicula muralis, N. seminulum, Oedogonium capillare, Oscillatoria formosa, Pseudanabaena catenata, Scopulonema minus* (auf Objektträgern nur im Unterlauf, im Oberlauf auch im natürlichen Aufwuchs) und *Zoothamnion* sp. Auf den Unterlauf beschränkt waren *Colechaete soluta, Compsopogon hookeri, Crenothrix polyspora, Lyngbya kützingii, Pseudochantransia* Typ II (cf. *Ps. chalybaea* var. *thermalis* HANSG.) und *Stigeoclonium farctum* var. *rivulare.* Diese Gruppe ist verhältnismäßig umfangreich. Da der Unterlauf durch die stets gleichwarmen Sümpfungswässer geprägt ist, wäre zu diskutieren, in welcher Weise die Vorkommen der zuletzt genannten Formen mit den Besonderheiten des Erftunterlaufes in Zusammenhang stehen. Die Eisengehalte der Probenstellen im Unterlauf lagen zwar nicht erheblich höher als die der oberhalb liegenden, dennoch dürfte das Auftreten von *Crenothrix* damit in Zusammenhang stehen. Vielleicht ist es auch von Bedeutung, daß in der unteren Erft weniger alkalisches, freies, gelöstes CO_2 enthaltendes Wasser vorliegt.

Bei *Compsopogon hookeri* kann mit Sicherheit die anomal hohe winterliche Wassertemperatur als Grundlage des Vorkommens in der Erft angenommen werden.

Während auf Abb. 44 die Häufigkeiten der Aufwuchsformen als Kurven dargestellt sind, wurden auf Abb. 45 die gleichen Formen in der Art von Stetigkeitstabellen der Pflanzensoziologie dargestellt. Die arabische Zahl gibt an, bei wieviel % sämtlicher Untersuchungen in den zwei Jahren die Form Häufigkeitsstufe 3 oder darüber erreicht hat. Auf diese Weise werden die Unterschiede in der Untersuchungshäufigkeit einzelner Probenstellen ausgeglichen, denn für die mit A bezeichneten Probenstellen liegt nur eine Jahresserie

Abb. 45 Tabelle der Stetigkeit höherer Abundanzstufen
arabische Zahl: Auftreten mit Abundanzstufen III
römische Zahl: höchste erreichte Abundanzstufe
\+ : Mehrfach Funde mit Abundanzstufe I und II
* : Einzelfunde
N : im natürlichen Aufwuchs häufig

	1	2A	2	3	4
Gomphonema angustatum	38. V	8.III	12.III	27. V	15.II
Sphaerobotrys fluviatilis	4.III	+	35. IV	38. IV	54. V
Siderocapsa treubii	42. V	30.III	35. IV	31. IV	46.
Sphaerotilus natans f. eutrophica	*	23. IV	35.III	23. IV	23. I
Ulvella frequens	27. IV	+	42. V	42. V	35.
Homoeothrix crustacea	12. IV	*	12. IV	8.III	8. I
Chamaesiphon fuscus	42. VI	+	8. V	35. IV	46.
Phormidium incrustatum	N	N	8.III	N	N
Meridion circulare	31. V	23. IV	23. IV	15. IV	4.II
Navicula gracilis	31. VI	+	31. IV	42. IV	23. I
Sphaerotilus natans f. dichotoma	58. VI	46. IV	54. V	69. V	73.
Pseudochantransia Typ I	N	*	N	N	12.II
Hydrurus foetidus	58. VI	70. VI	46. VI	81. VI	31. V
Nitzschia kützingiana	8.III	15.III	12. IV	38. IV	27.II
Achnanthes linearis	62. V	23. IV	65. IV	58. IV	38.
Protoderma sp.					
Stigeoclonium farctum					+
Stigeoclonium tenue				+	+
Zoogloea ramigera				+	*
Anthophysa vegetans				+	+
Carchesium polypinum			*	+	+
Vorticella sp.	+	+	+	+	+
Salpingoeca obliqua	+	+	+	+	4.II
Vaucheria debaryana	N		N	N	
Cymbella ventricosa	42. V	+	23. IV	8.III	+
Nitzschia dissipata	12.III	+	12. IV	4.III	+
Achnanthes kryophila		30.III	4.III	+	+
Ulothrix tenuissima	+		12. IV	4.III	+
Nitzschia communis	+	+	8.III	8.III	+
Diatoma vulgare				31. IV	19. V
Cladophora glomerata				N	8. I
Closterium moniliferum		*	+	8. IV	8. I
Rhoicosphenia curvata	+			4.III	35.
Cocconeis pediculus	*		+	12. IV	15. I
Spirochaeta sp.	+	+	+	+	+
Diplophrys archeri			+	+	+
Beggiatoa alba					
Euglena viridis				+	+
Navicula fluens	*		*	*	+
Vorticella microstoma					+
Tokophrya lemnarum					
Vitreoscilla sp.	+	+	+	+	+
Microcometes paludosa	+	*	*		+
Epistylis sp.					
Zoothamnion sp.					
Apogromia mucicola					
Compsopogon hookeri					
Crenothrix polyspora					
Pseudochantransia Typ II					
Stigeoclonium farctum var. rivulare					
Vaucheria ornithocephala					
Scopulonema minus				N	
Pseudanabaena catenata	+	+	+	+	+
Navicula mutica					
Gallionella ferruginea	+	*			*
Oedogonium capillare					*
Lyngbya kützingii					
Coleochaete soluta					
Achnanthes hungarica	+			*	
Navicula seminulum		*			
Centropyxis aculeata					+
Belaria bicorpor		*			*
Navicula muralis	+	+	+	+	+
Oscillatoria formosa		*			
Achnanthes lanceolata	19.III	23. IV	50. V	46. V	23.I
Cocconeis placentula	46. VI	8.III	35. VI	62. VI	69. V
Navicula cryptocephala	8.III	15.III	38. IV	62. IV	27.
Chamaesiphon incrustans	58. V	8.III	12. V	15. IV	23.
Platycola truncata	+		+		4.I
Vaucheria sessilis	N	N	N	N	
Hydrococcus caesattii	12.III	+	4.III	+	4.
Navicula pelliculosa	8.III	+	+	+	+
Navicula lanceolata var. phyllepta	+	+	4.III	+	+
Amphora ovalis var. pediculus	+	8.III	8.III	+	4.I
Vaucheria woroniniana		N	N		
Gongrosira incrustans	+		8. V	15. V	38.
Ulothrix tenerrima	+	+	8. IV	4.III	8.I
Sporotetras pyriformis	+		+	15. IV	4.I
Navicula viridula	4.III	8. IV	23. IV	35. V	46.
Surirella ovata	15.III	8. IV	12. IV	58. V	35.
Synedra ulna	+	8.III	8.III	+	+
Vahlkampfia sp.	+	8.III	+	8.III	+
Amoeba-vespertilio-Gruppe	+	*	+	8. IV	4.
Nitzschia palea	4.III	+	+	4.III	+
Navicula atomus	+	+	+	4.III	4.I
	1	2A	2	3	4

vor. Die römische Zahl bezeichnet die maximal beobachtete Abundanz (Individuendichte). Wegen der in der Regel nur kurzfristigen Massenentwicklungen wäre die Angabe der mittleren Häufigkeit wenig sinnvoll. Zusätzlich wurde bei auf den Objektträgern unterrepräsentierten Formen durch das Zeichen N (natürlicher Aufwuchs) zum Ausdruck gebracht, daß sie auf natürlichen Substraten eine größere Rolle spielten. Außerdem wurden die Arten mit dem Symbol N aufgenommen, die auf den Objektträgern nicht bestimmbar waren (*Vaucheria*-Arten). Wenn die aufgenommenen Arten an bestimmten Probenstellen nur mit niedrigen Abundanzen (Stufen 1 und 2) aufgetreten sind, wurden diese Vorkommen durch ein + angegeben und Einzelfunde durch einen * markiert. Auf diese Weise kommt im Gegensatz zu Abb. 44 auf der Tabelle (Abb. 45) deutlich zum Ausdruck, daß Vorkommen mit sehr geringer Individuendichte, z. B. infolge Verdriftung, stark streuen und daher kaum Aussagewert besitzen.

Durch Umrandung sind die Arten mit gleichen Verbreitungsschwerpunkten als Blöcke kenntlich gemacht.

Die Tabelle ist gedacht, Grundlage für spätere, vergleichende Arbeiten zu sein. Auch für die Soziologie aquatischer Mikroorganismen sollte die Basis eine geordnete Tabelle sein, die alle jahreszeitlichen Aspekte erfaßt und damit mindestens einen Jahreszyklus einschließt. Dies ist auch von anderer Seite gefordert worden (SCHMITZ 1965).

In Auswertung der Stetigkeitstabelle ergibt sich, daß die bei der Aufwuchsuntersuchung in der Erft gewonnenen biologischen Daten einer soziologischen Bearbeitung entsprechend der Methode von BRAUN-BLANQUET zugänglich sind. Natürlich ist die Aufnahmetechnik den Erfordernissen des Objektes angepaßt. Die aufgefundenen soziologischen Artengruppen sind zunächst nur an Hand des vorliegenden Materials gefaßt und gelten nur für die Erft. Beobachtungen nach Abschluß der Untersuchungsserie haben gezeigt, daß die Ergebnisse keine Zufallsbefunde der beiden Untersuchungsjahre sind.

Somit kann eine

Gliederung der Erft nach Mikroorganismen

gegeben werden.

Hauptgruppe I

Gesamter Erftlauf

Gomphonema angustatum, Siderocapsa treubii, Sphaerobotrys fluviatilis, Sphaerotilus natans f. *eutrophica*

Hauptgruppe II A

Probenstellen 1-4

Homoeothrix crustacea
Meridion circulare
Navicula gracilis
Phormidium incrustatum
Ulvella frequens

Hauptgruppe II B

Probenstellen 5-14

Anthophysa vegetans
Carchesium polypinum
Protoderma sp.
Salipingoeca obliqua
Stigeoclonium farctum
Stigeoclonium tenue
Vorticella sp.
Zoogloea ramigera

Die unter I aufgeführten Arten sind für den gesamten Erftlauf charakteristisch. Die Arten der Hauptgruppe II A sind kennzeichnend für die Probenstellen 1-4, die unter II B aufgezählten für die Probenstellen 5-14. Sie kommen entweder nur hier vor oder haben nur hier ihr Maximum. Daher entsprechen sie Charakterarten der Pflanzensoziologie.

Nebengruppen A

Probenstellen 1 und 2A

Batrachospermum moniliforme
(nie auf Aufwuchsträgern, sehr häufig im natürlichen Aufwuchs)

Probenstelle 2

Ulothrix tenuissima

Probenstelle 3 und 4

Closterium moniliferum
Cocconeis pediculus
Rhoicosphenia curvata

Nebengruppen B

Probenstelle 5

Cladophora glomerata
Diatoma vulgare
Hydrurus foetidus
Nitzschia kützingiana
Sphaerotilus natans f. *dichotoma*
Spirochaeta sp.

Probenstelle 6 A

Zone der Verarmung, fast alle Arten treten stark zurück.

Probenstelle 6 und 7

Navicula fluens

Probenstelle 8

Vitreoscilla sp.

Probenstelle 9 A

Zone der Verarmung, die meisten Algen treten stark zurück.

Probenstellen 9-14

Compsopogon hookeri
Crenothrix polyspora
Pseudochantransia chalybaea var. *thermalis*
Scopulonema minus
Stigeoclonium farctum var. *rivulare*
Vaucheria ornithocephala

Probenstelle 11-13

Belaria bicorpor
Gongrosira incrustans

Probenstelle 14

Chamaesiphon fuscus

Unter den Nebengruppen A und B sind Formen aufgeführt, die z u s a m m e n mit den Arten der dazugehörigen Hauptgruppe (II A bzw. II B) bestimmte Probenstellen kennzeichnen. Sie können durchaus auch an den Probenstellen der anderen Hauptgruppe häufig gewesen sein. Zum Beispiel sind bei Probenstelle 5 *Diatoma vulgare* und *Cladophora glomerata* aufgeführt. Sie haben zwar ihr Maximum an den Probenstellen, die durch die Hauptgruppe II A gekennzeichnet ist, traten aber zusammen mit den Arten der Hauptgruppe II B an Probenstelle 5 in großer Menge auf. Ähnlich verhält es sich mit *Chamaesiphon fuscus*, der außerhalb seines Hauptwuchsgebietes im Oberlauf nur noch an Probenstelle 14 im Unterlauf häufig war,

wodurch sich diese Probenstelle von den anderen im Unterlauf abhebt.

Die in den Nebengruppen A und B aufgeführten Arten können mit den Differentialarten der Pflanzensoziologie verglichen werden. Aus den Daten der Stetigkeitstabelle (Abb. 45) wird ersichtlich, daß die Aussagekraft der Artengruppen nicht gleichwertig ist. Während die den Gesamtlauf der Erft (Hauptgruppe I) bzw. die den Ober- oder Unterlauf (Hauptgruppen II A und II B) charakterisierenden Formen eine hohe Stetigkeit aufweisen, ist dies bei den die Probenstellen im stark verschmutzten Mittellauf charakterisierenden Arten nicht der Fall. Das ist an sich auch nicht zu erwarten, denn am besten ist der gesamte Bereich von Probenstelle 6A bis Probenstelle 9A negativ durch Artenarmut zu kennzeichnen. Die bei den vorliegenden Untersuchungen in der Abwasserstrecke vorgefundenen Differenzierungen sind nicht sehr aussagekräftig und wohl z. T. auch etwas zufällig.

Wenn man die Artenkombinationen in der Erft mit den Beschreibungen von Algengesellschaften vergleichen will, so ergeben sich zunächst wegen der meist völlig anderen Untersuchungstechnik erhebliche Schwierigkeiten. Gewisse Leitlinien lassen sich trotzdem finden.

Gut bekannt sind die *Phormidium incrustatum*-Krusten (FRITSCH 1949, 1950, FJERDINGSTAD 1964, KANN 1943). Die Besonderheit der Erft ist in der Häufigkeit von *Homoeothrix crustacea* zu sehen, denn sonst werden andere *Ph. incrustatum* begleitende Arten aufgeführt. An denselben Probenstellen, welche die Blaualgenkrustensteine beherbergen, kommt im Sommer eine Vergesellschaftung von *Ulvella frequens*, *Cocconeis placentula* und *Chamaesiphon fuscus* vor. Wie sich aus den Arbeiten von BUTCHER (1932, 1940, 1949) entnehmen läßt, ist diese Vergesellschaftung in den englischen Flüssen weit verbreitet. *Ulvella* zusammen mit *Chamaesiphon fuscus* fand sich auch in den Donauquellflüssen, jedoch ohne *Cocconeis placentula* (BACKHAUS 1968 a, b). Auch mit vielen Sauerlandbächen (BUDDE 1942) bestehen große Ähnlichkeiten. Betrachtet man nur die Kieselalgen, ergeben sich weitgehende Paralelen auch zur Fulda (SCHMITZ 1965), zur Steinfurter Aa (SCHNIEDER 1965) und mehr noch zum Oberrhein, in dem wie in der Erft *Diatoma hiemale* fehlt (KRAUSE 1971). Andere Untersuchungen zeigen abweichende Vergesellschaftungen. Hier wären z. B. Ergebnisse von BUDDE (1942), DILLARD (1969), MARGALEF (1960) sowie WHITFORD und SCHUMACHER (1963) zu nennen.

Die Tatsache, daß an derselben Stelle in der Erft sowohl eine „Kalkkrustenalgengesellschaft" als auch eine zunächst scheinbar völlig andere Gesellschaft von Aufwuchsalgen vorkommen, läßt erneut deutlich werden, daß mit der Bearbeitung bestimmter taxonomischer Gruppen oder bestimmter Mikrobiotope lediglich Einzelaspekte erfaßt werden können. Wie schon im autökologischen Teil dargelegt, entwickeln sich auch die kalkinkrustierenden Algen auf den Objektträgern, die beiden „Gesellschaften" sind daher am besten als Aspekte einer Gesellschaft zu sehen, wodurch der Standort umfassender charakterisiert werden kann.

Die Probenstellen des Mittellaufes zeigen weitgehende Übereinstimmung mit der *Stigeoclonium tenue*-Gesellschaft von FJERDINGSTAD (1964).

Die untere Erft ist durch die beiden Arten *Compsopogon hookeri* und *Crenothrix polyspora* in sehr eindeutiger Weise von anderen Flüssen unterschieden. Betrachtet man die übrigen häufigen Arten, so zeigen sich viele Gemeinsamkeiten insbesondere mit solchen Gewässern, die methodisch ähnlich unter Verwendung künstlicher, durchsichtiger Substrate untersucht worden sind. Das gilt für englische Fließgewässer (BUTCHER 1932) und in etwas geringerem Maße für die oberste Donau und ihre Quellflüsse (BACKHAUS 1968 a, b). Dort wie in der Erft konnte z. B. festgestellt werden, daß *Sphaerobotrys* eine überaus häufige Alge der Aufwuchsbiozönose ist, während sie sonst in Florenlisten kaum genannt wird.

2.11. Die jahreszeitliche Periodik des Aufwuchses, insbesondere im thermisch anomalen Unterlauf

Bei den meisten ökologischen Arbeiten an Gewässern ist die sehr auffällige jahreszeitliche Periodik der aquatischen Mikrophyten beachtet worden. Deshalb liegt in den großen Zügen ein festes Bild über den Aspektwechsel der Algen in den Fließgewässern vor (GESSNER 1955). An ein Frühjahrsmaximum besonders pennater Diatomeen und mancher anderer Algen wie *Hydrurus, Ulothrix und Batrachospermum* schließt sich ein Sommeraspekt, in dem vor allem Chlorophyceen neben Cyanophyceen und bestimmten Diatomeen dominieren. Im Herbst kommt es erneut zu einem dem Frühjahr ähnlichen Aspekt, wobei die Chlorophyceen zurücktreten und Diatomeen sowie *Hydrurus* noch einmal ein allerdings schwächeres Maximum erreichen können.

Die Periodik der Algen, der festsitzenden Protozoen und der im Mikroskop unmittelbar bestimmbaren Bakterien ist im autökologischen Teil bei den einzelnen Formen beschrieben. Jetzt wären die allgemeinen Linien herauszustellen. Dabei soll getrennt nach Ober-Mittel- und Unterlauf vorgegangen werden.

Der Oberlauf zeigt gegenüber vergleichbaren Gewässern keine Besonderheiten. Nach der Winterruhe beginnt schon im Januar die Massenentwicklung von *Ulothrix tenuissima*, der bald *Hydrurus* und Kieselalgen, besonders *Meridion circulare* folgen. Auch *Vaucheria*-Arten beginnen im Februar mit ihrer Massenentfaltung. Zu dieser Zeit geht *Ulothrix* schon deutlich zurück. Im April verschwindet *Vaucheria* weitgehend. Dafür entwickelt sich jetzt *Cladophora glomerata* sehr stark. Sie geht ab Juni wieder zurück. Die Sommerzeit von Juni bis September/Oktober, manchmal bis in den November hinein ist gekennzeichnet durch starkes Wachstum von *Chamaesiphon*-Arten, *Ulvella frequens, Gongrosira incrustans, Sphaerobotrys fluviatilis* und *Cocconeis placentula*. Manchmal schon im August, sicher aber ab September bis zum November erfolgt die zweite, schwächere Entfaltung von *Hydrurus foetidus*, verschiedener Kieselalgen und *Batrachospermum moniliforme*. Im November und Dezember ist schon makroskopisch erkennbar, daß kaum Algenwachstum stattfindet. Die Aufwuchsträger bleiben weitgehend algenfrei, statt dessen entwickelt sich *Sphaerotilus* stärker.

Im stark verschmutzten Mittellauf der Erft ist das Bild wesentlich eintöniger. Dies hängt weniger mit abgeschwächter Periodizität der einzelnen Arten zusammen, die BACKHAUS (1968a) gefunden hat, sondern ist in erster Linie eine Folge der Armut an Algen mit ausgeprägter Periodizität. Am auffälligsten ist die Massenentwicklung von *Stigeoclonium tenue* im April/Mai, etwa gleichzeitig mit dem Frühjahrsmaximum von *Gomphonema angustatum*. Beide Arten sind jedoch auch im Sommer recht häufig und erscheinen im Herbst noch einmal mit etwas stärkerer Entwicklung, vor allem *Gomphonema*. Die Massenentwicklung von *Protoderma* sp. kann schon im Mai beginnen und bis zum Oktober anhalten.

Von besonderem Interesse ist die jahreszeitliche Periodik des Aufwuchses in der thermisch weitgehend stabilen unteren Erft. Wie aus dem autökologischen Teil und den graphischen Darstellungen der einzelnen Formen auf den Abbildungen 42 a - l und der Abbildung 43 für *Vaucheria* hervorgeht, hat die untere Erft eine sehr deutlich ausgeprägte jahreszeitliche Periodik des Aufwuchses aufzuweisen, die mit der in der oberen Erft und der in anderen Gewässern unserer Breitenlage völlig übereinstimmt. Insbesondere sind dies die Frühjahrsmaxima pennater Diatomeen, die Sommermaxima der Chlorophyceen wie *Coleochaete soluta, Stigeoclonium farctum, St. farctum* var. *rivulare, Sphaerobotrys fluviatilis, Protoderma* sp. und der Cyanophyceen *Chamaesiphon incrustans* und *Scopulonema minus* sowie der Rotalgen *Compsopogon hookeri* und *Pseudochatransia chalybaea* var. *thermalis (Compsopogon* ist besser als Frühjahrs- und Sommerform mit Frühjahrsschwerpunkt zu bezeichnen.). Sommermaxima besitzen auch die beiden Rhizopoden *Apogromia mucicola* und *Belaria bicorpor.*

Mehr noch als auf den Aufwuchsträgern wird makroskopisch im Gewässer nach dem Rückgang der autothrophen Pflanzen im Spätherbst die verstärkte Entwicklung von *Sphaerotilus natans* f. *eutrophica, Crenothrix polyspora* und der beiden Ciliaten *Carchesium polypinum* und *Vorticella* sp. deutlich. Lange Zotten der beiden Bakterienarten beherrschen im Winter das Bild des Gewässers. Im autökologischen Teil ist diese Erscheinung bereits eingehend diskutiert (vgl. S. 66ff).

Da normalerweise die Jahresperiodik von Licht und Wassertemperatur miteinander gekoppelt sind, blieb lang unklar, ob die Periodik der Algen vom Licht oder von der Temperatur gesteuert wird (BLUM 1956). Bei Freilanduntersuchungen können die Effekte von Licht und Temperatur sehr leicht verwechselt werden (WHITFORD u. SCHUMACHER 1958). Nach GESSNER (1955) dürfte in Gebirgsbächen die Temperatur in erster Linie für die Auslese der Arten maßgebend sein, während sonst die jahreszeitliche Periodik bei der einen Art mehr durch das Licht, bei der anderen mehr durch die Temperatur gesteuert sein könnte. BUDDE (1930) hält trotz z. T. widersprechender Ergebnisse einen allgemeinen Zusammenhang zwischen Temperatur und Algenperiodizität für feststehend. Auch nach HUSTEDT (1938) und PATRICK (1948) sind die Wandlungen der Häufigkeiten von Diatomeen im Laufe des Jahres wahrscheinlich eine Folge des Temperaturwechsels. Spezielle Untersuchungen, auch unter Laborbedingungen haben gezeigt, daß es sowohl Schwachlichtformen als auch Starklichtformen, aber auch Kalt- und Warmwasserformen gibt (FINDENEGG 1947, WHITFORD und SCHUMACHER 1968).

Während in der oberen und mittleren Erft die natürliche Koppelung von Licht und Temperatur besteht, sind in der unteren Erft unter Freilandbedingungen die beiden Faktoren nahezu völlig entkoppelt. Im Bereich der rund 25 Flußkilometer langen Strecke von

Kaster bis Neuss-Reuschenberg (Probenstellen 10 - 14) wurden in der zweijährigen Untersuchungszeit 11,2° C nicht unterschritten und 22,2° C nicht überschritten. Wie die vorstehende Beschreibung des jahreszeitlichen Aspektwechsels im Aufwuchs zeigt, wird die in vergleichbaren, normal temperierten Gewässern bzw. in den oberhalb liegenden Erftabschnitten zu beobachtende Jahresperiodik völlig gleich beibehalten. Damit erweist sich die Periodizität der in der unteren Erft vorhandenen Aufwuchsalgen als lichtinduzierte Erscheinung, denn wachstumslimitierende jahreszeitliche Veränderungen im Gehalt der Nährstoffe können anhand der chemischen Befunde ausgeschaltet werden. Da der Abfluß in der unteren Erft ständig auf dem Niveau des mittleren Hochwassers gehalten wird, fallen auch Hochwassereinflüsse aus. Sobald die Konkurenz der Autotrophen wegfällt, gelangen Heterotrophe wie *Sphaerotilus, Crenothrix, Carchesium* und *Vorticella* zu starker Entfaltung. Ihre Periodik wird demnach nicht durch die Temperatur sondern durch die Konkurrenz der Algen und somit indirekt vom Licht gesteuert. Möglich ist auch, daß starkes Licht direkt entwicklungshemmend auf die genannten Lebewesen wirkt.

EICHENBERGER 1967 a, 1967 b) fand bei der Untersuchung des Aufwuchses in Experimentalgerinnen mit Grundwasser bzw. Grundwasser-Abwassergemischen, daß für *Sphaerotilus natans* Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Kompetition zwischen *Sphaerotilus* und anderen Bakterien die Periodizität nicht bedingen, sondern die unterschiedlichen Lichtverhältnisse von Einfluß sind. Dagegen erscheint die jahreszeitliche Periodik der bestandbildenden Algen in den künstlichen Gerinnen durch die Wassertemperatur bestimmt, denn *Cladophora glomerata* und *Vaucheria* sp. wuchsen bei Temperaturen über 10° C bis in den Hochwinter hinein kräftig. Auch *Batrachospermum moniliforme* hatte ein Wintermaximum (Januar). Da die Modellfließgewässer im Vergleich zu natürlichen Vorflutern sehr flach sind, bleibt zu prüfen, inwieweit das dadurch unterschiedliche Lichtklima die abweichenden Befunde EICHENBERGERS bedingt hat.

Die Ergebnisse der Erftuntersuchung werden bestätigt durch Beobachtungen von anderer Seite. STOCKNER (1968) beschreibt sehr ausgeprägte jahresperiodische Schwankungen der Kieselalgenentwicklung in einem Thermalquellbach. PEUKERT (1967) konnte nachweisen, daß in der Elbe Lichtmangel die Algenproduktion der fließenden Welle begrenzt. Bei günstigen Lichtverhältnissen wird die Intensität der Algenentwicklung natürlich durch die höhere Temperaturen gefördert. STARMÜHLNER (1969) fand im Sommer in isländischen Kaltbächen (6 - 9° C) keinen, in Warmbächen (19 - 29° C) dagegen sehr starken Aufwuchs von Fadenalgen. Ein möglicher endogener Rhythmus, den SCHEELE (1952) bei Diatomeen für wesentlich hält, muß nach diesen Ergebnissen m. E. sehr in Frage gestellt werden.

2.12 Der Einfluß der anomal hohen winterlichen Wassertemperaturen im Unterlauf auf die Makrophyten

Die Wasser- und Ufervegetation der Erft wurde bei der Beschreibung der Probenstellen aufgeführt. Wegen der thermisch anomalen Verhältnisse im Unterlauf sollen die damit in Zusammenhang stehenden Tatsachen nachfolgend dargestellt werden.

Der winterwarme Unterlauf der Erft (Bergheim bis Neuss wird von einem fast völlig geschlossenen Vegetationsband gesäumt, das pflanzensoziologisch als Ranunculetum fluitantis anzusehen ist und hauptsächlich aus vier Arten besteht: *Ranunculus fluitans* LAMK., *Potamogeton natans* L., *Potamogeton pectinatus* L. *und Sparganium emersum* REHM.

Ein Röhricht ist nur teilweise vorhanden und dann entweder als Phalaridetum arundinaceae oder als Glycerietum maximae.

In der Erft konnten keine Gefäßpflanzen gefunden werden, die nicht auch in benachbarten Gewässern vorkommen. Anderwärts sind gelegentlich in künstlich erwärmten Gewässern tropische oder subtropische Blütenpflanzen aufgetreten (SCULTORPE 1967, ANT 1966).

Als mögliche Wirkungen der anomalen Wassertemperaturen auf die in der Erft vorhandenen Arten sind eine Erhöhung der Stoffproduktion und eine Beeinflussung der jahreszeitlichen Periodik denkbar. Nach KLEIN (1962) ist eine der Folgen erhöhter Wassertemperaturen die Zunahme des Wasserpflanzenwachstums.

Die Makropyten der unteren Erft wachsen normal kräftig, aber nicht übermäßig. Für die Vermutung, daß das Absterben der Makrophyten im Herbst nicht auf die Verminderung der Lichtintensität zurückzuführen ist (GLASER, PETRIKAT, SCHMITZ und FLINSPACH 1969), ergaben sich keine Hinweise. Das a. a. O. aufgeführte Vorkommen dichter winterlicher Unterwasservegetation bei 6-9°C Wassertemperatur in Norddeutschland bezieht sich vermutlich auf wintergrüne Arten wie *Berula erecta* f. *submersa* oder *Ranunculus fluitans* in sauberen, klaren Bächen. Die Hauptmasse aller Wasser- und Sumpfpflanzen zieht jedoch im Herbst sehr stark ein. Auch in der unteren Erft zeigen die Makrophyten ihre bekannte Periodizität, die jedoch bei einigen Arten modifiziert ist. Nachfolgend sind die beobachteten Besonderheiten dargestellt.

Ranunculus fluitans LAMK.

Die Art tritt nur im winterarmen Unterlauf in großer Menge auf, während sie im Oberlauf ganz fehlt und im Mittellauf selten ist. Sie gedeiht im Unterlauf vergesellschaftet mit *Potamogeton natans* und *P. pectinatus* sowie *Sparganium emersum.* Bei Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 1 m/s wächst die Pflanze im Sand und Schlamm zwischen Steinen des Uferausbaues bis zu einem Meter Wassertiefe. Die Art ist auch in der Erft wintergrün und wurde nur selten blühend angetroffen. In physiographisch und gewässerbiologisch vergleichbaren Abschnitten der nicht weit entfernten Rur (Eifelrur) blüht *Ranunculus fluitans* reichlich.

Potamogeton natans L.

Diese Art ist in noch größerer Menge vorhanden als *Ranunculus fluitans.* Sie kommt in einer schlankblättrigen Form vor, die als forma *vulgaris* KOCH (nach GLÜCK 1936) zu bezeichnen ist. Der Standort von *Potamogeton natans* in der Erft entspricht weitgehend dem von *Ranunculus fluitans,* jedoch entwickelt sich *P. natans* auch im fast stehenden Wasser gut und besiedelt flachere Uferstellen, in die *Ranunculus fluitans* nicht eindringt, Obgleich *P. natans* sehr kräftige Exemplare entwickelt, war nie (1966-1972) eine blühende oder fruchtende Pflanze zu finden. In benachbarten stehenden Gewässern, wo *P. natans* ebenfalls sehr häufig ist, blüht und fruchtet sie reichlich.

Interessant ist auch der Zeitpunkt der Blattspreitenentwicklung. Während überall im Winter nur mehr oder weniger verrottete Blattstiele zu finden sind, beginnt die Entwicklung neuer Blätter in der Erft zwei bis vier Wochen früher als in den benachbarten, stehenden, normal temperierten Gewässern. 1967 war am 4. April deutliches Wachstum der Blattspreiten in der unteren Erft festzustellen, 1968 sogar schon am 5. März.

Potamogeton pectinatus L.

Diese Pflanze kommt in der ganzen unteren Erft zerstreut mit *Ranunculus fluitans* vergesellschaftet vor. Sie ist wintergrün, blüht und fruchtet reichlich in der Erft.

Sparganium emersum REHM.

Der Igelkolben bildet von Bergheim bis zur Mündung der Erft in den Rhein einen fast geschlossenen Saum am Ufer. Im tieferen Wasser als forma *natans* flutend, hat er den Schwerpunkt seines Vorkommens im flachen Wasser, wo er ausgedehnte Reinbestände bildet. Sie bewirken in erster Linie die Minderung der Strömungsgeschwindigkeiten an einigen Probenstellen der unteren Erft. An Stellen geringer Strömung (dicht am Ufer oder inmitten dichter Massen flutender Pflanzen) entwickeln sich aufrechte Exemplare der typischen Form, die im Juli/August reichlich blühen und fruchten. Im Herbst — ab September — zieht die Pflanze sehr stark ein.

Nuphar luteum (L.) SIBTH. et SM.

Die Mummel war in der Erft selten zu finden und besiedelt fast nur Stillwasserbezirke oder schwache Neerströme. An ihr konnte eine sehr auffällige Verschiebung der Periodik festgestellt werden. Zwischen dem 14. und 28. Februar 1967 hatten sich die Blattspreiten der Schwimmblätter im Mühlenstau bei Weve-

linghoven (Probenstelle 13) fast ganz entfaltet, desgleichen in einem vom Erftwasser durchflossenen Weiher nahe Neuss. Auch die Blüte erfolgte wesentlich früher als in normal temperierten Gewässern. Bei Wevelinghoven waren schon am 23. April 1968 neben vielen großen Knospen einzelne geöffnete Blüten vorhanden. Diese Erscheinungen konnten auch in den anderen Jahren des Beobachtungszeitraumes festgestellt werden.

Röhrichtarten und Schwimmpflanzen

Soweit ein Röhricht vorhanden ist, konnten an seinen Arten keine Besonderheiten im jahresperiodischen Verhalten festgestellt werden. Dasselbe gilt für die Lemnaceen.

2.13. Mikrophytendrift

Schon einleitend wurde darauf hingewiesen, daß in der Erft kein autochthones Phytoplankton wie in großen Strömen zu erwarten ist. Es fehlen auch Altwässer oder Stauseen, in denen sich größere Mengen von Phytoplankton entwickeln könnten. Letztlich ist das viele Sümpfungswasser in der unteren Erft zunächst völlig frei von Algen. Die in der fließenden Welle angetroffenen Algen und Bakterien werden deshalb genauer als Mikrophytendrift bezeichnet.

Auf Abb. 46 sind die Ergebnisse der Häufigkeitsschätzungen eingetragen. Eine Durchsicht der Namen zeigt, daß die weitaus meisten Formen Bewohner des Aufwuchses sind. Typische Plankter sind nur in geringer Zahl vorhanden und ganz überwiegend als Einzelindividuen aus Zuflüssen eingeschleppt. Nur im Unterlauf kann sich zwischen den Makrophyten ein Metaplankton entwickeln, so daß hier eine größere Zahl von Arten dieses Biotopes auch in der fließenden Welle zu finden ist.

Sowohl nach Artenzahl wie Individuenmenge sind die Kieselalgen des Aufwuchses die dominierende Gruppe, denn sie können besonders leicht aus dem Aufwuchs verdriftet werden. Ähnliche Beobachtungen liegen vor von BLUM (1957), BUDDE (1930), BUTCHER (1932), BACKHAUS (1969) und MÜLLER-HAECKEL (1966). Auf Abb. 46 a+b sind, gegliedert nach Klassen und innerhalb dieser geordnet nach Stetigkeit, die Anzahl der Funde und die höchste beobachtete Abundanzstufe eingetragen.

Erwartungsgemäß sind die Aufwuchsformen besonders in den Erftbereichen in der Mikrophytendrift gehäuft aufgetreten, in denen sie auch ihren Schwerpunkt im Aufwuchs besitzen. In diesem Zusammenhang verdienen die Probenstellen des stark verschmutzten Mittellaufes Interesse, an denen sehr viele Arten des Aufwuchses nicht zur Entwicklung gelangten, obgleich eine intensive „Beimpfung" gegeben war. Gleichzeitig ist dies ein weiteres Beispiel dafür, daß an Hand der Organismen in der fließenden Welle nicht direkt auf den Zustand eines Fließgewässers am Ort der Probenentnahme geschlossen werden kann.

Da die Mikrophytendrift überwiegend aus Aufwuchsformen bestand, deckte sich die jahreszeitliche Periodik in der fließenden Welle mit der des Aufwuchses, so daß hier nicht noch einmal darauf eingegangen werden soll.

Abb. 46a Mikrophytendrift der Erft

Probenstellen 1 - 14: 27 Untersuchungen
Probenstelle 2A: 17, Probenstelle 6A: 16, Probenstelle 9A: 14 Untersuchungen
arabische Zahlen: Anzahl der Funde
römische Zahlen: höchste beobachtete Abundanzstufe (I - VI)

	Nr. der Probenstellen																
	1	2A	2	3	4	5	6A	6	7	8	9A	9	10	11	12	13	14
Bacteriophyceae																	
Sphaerotilus natans f. eutrophica	1. I		2. I	6. I	2. I	22. V	15. VI	24. V	19. V	23. V	10. V	18. V	21. V	19. V	19. V	21. V	21. V
Spirillum sp.	1. I		1. I		3. I	2. I	1. I	2. II	7. I	4. II	2. I	1. I	4. I	1. I	4. I	3. I	
Beggiatoa minima	1. I				2. I						2. I		1. I		1. I		1. I
Sphaerotilus natans f. dichotoma	10. I	5. I	14. I	20. II	21. II	1. I											
Spirochaeta sp.			1. I	1. I	4. I	5. II	1. I		1. I	1. I		8. II	6. II	7. II	8. II	7. II	7. II
Sphaerotilus natans f. ochracea			1. I	1. I	3. I						1. I	4. II	4. II	6. II	5. II	4. II	7. II
Gallionella ferruginea			1. I							2. I	1. II	18.III	15.III	10. II	17.III	9. I	7. I
Zoogloea ramigera				1. I	1. I	14.III	10.III	16. II	22.III	18. IV	12. II	18.III	18.III	16.III	14.III	17.III	15.III
Beggiatoa alba				1. I		2. I	4. II	8. IV	10.III	9. II	3. I	8. II	3. I	4. I	2. I	2. I	2. I
Beggiatoa leptomitiformis					3. I	3. I	8. II	9.III	11. II	15. II	9. II	8. II	5. II	8. II	5. II	4. I	5. I
Sarcina sp.					1. I	12.III	6. IV	9.III	6. I	9.III	9. IV	9. II	5. II	7. I	3. I	5. I	4. I
Thiothrix nivea					1. I	5. I	9.III	14. IV	13.III	18. IV	6.III	13. II	13. II	20.III	19. II	16. II	13. II
Streptococcus sp.						2. II		1. I	4. I	2.III				1. I	1. I		1.III
Pelogloea bacillifera							1. I		1. I		1. I		1. I	1. I			1. I
Crenothrix polyspora												20.III	19.III	25.III	24.III	24.III	20.III
Cyanophyceae																	
Pseudanabaena catenata	9. II	5. I	7. II	2. I	3. I	1. I	1. I	1. I	2. I	3. I		3. I	3. I	1. I	3. I		2. I
Phormidium autumnale + incrustans	17. I	1. I	4. I	5. I	11. I	2. I								1. I			
Homoeothrix crustacea	8. I		3. I	7. I	3. I												
Chamaesiphon incrustans	4. I																
Chamaesiphon - Sporen		1. I		2. I	2. I									1. I			
Oscillatoria sp. div.				1. I	1. I	1. I		3. I	3. I	7. I	3. I	4. I	6. I	7. I	5. I	3. I	1. I
Oscillatoria limosa				2. I	2. I	1. I	1. I										1. I
Oscillatoria agardhii									1. I	1. I	1. I	1. I	1. I	3. I	1. I		3. I
Oscillatoria formosa										1. I		1. I	1. I	2. II	1. I	3. I	3. I
Rhodophyceae																	
Pseudochantransia - Bruchstücke	14. I		1. I	7. I	13. II	6. I	2. I	2. II	3. I	4. I	2. I	3. I	1. I	4. I	2. I	2. I	5. I
Pseudochantransia - Sporen	3. I	1. I	1. I	1. I	2. I										1. I		
Batrachospermum - Bruchstücke	3. I				1. I	2. II											
Compsopogon - Sporen												4. I	2. I	5. I	3. I	3. I	6. I
Cryptophyceae																	
Chroomonas nordstedtii			1. I	4. I							2. I						2. I
Cryptomonas ovata				1. I	4. I	6. I		1. I	2. I	4. II	3. I	3. I	1. I	3. I	2. I	3. I	2. I
Cryptomonas sp.				4. I	4. I	4. I		2. I	7. II	8. II	7. I	6. I	7. I	11. I	7. I	9. I	9. I
Chrysophyceae + farblose Flagellaten																	
farblose Flagellaten	4. I	2. I	5. I	7. I	6. I	15. IV	7. II	11.III	10.III	14.III	4. II	9.III	4.III	10. IV	6. II	7. II	9.III
Bodo sp.	9. I	4. I	10. II	8. II	14. II	19.III	14. IV	20.III	20.III	19.III	9.III	16.III	18.III	17.III	19.III	20.III	16.III
Hydrurus - Sporen	4. II	7.III	7.III	9.III	7.III	5. II											
Hydrurus - Bruchstücke		1. I	4. II			1. I											
Hydrurus - Zysten				1. I	1. I	1. I											
Anthophysa vegetans				3. I	3. I	11. IV	1. I	7. II	11.III	12.III	8. II	17.III	14.III	17.III	18.III	18.III	18.III
Synura petersenii						2. I	1. I	1. I	6. I	3. II	1. I	1. I	2. I	7. I	5. II	1. I	4. II
Codosiga botrys						1. I		1. I	1. I	1. I		3. I	2. I	1. I		1. I	3. I
Rhynchomonas nasuta						1. I						1. I	1. II	1. I	1. II		
Dinobryon sociale var. americanum										1. I	1. I	1. I	1. I		3.III		
Dinobryon divergens												2. I		2. I			3. I
Salpingoeca obliqua												3. I	1. I	2. I	2. I	1. I	3. I
Euglenophyceae																	
Anisonema acinus	1. I			1. I		1. I	2. I		1. I		2. I		1. I	1. I	1. I		
Trachelomonas sp.	2. I							1. I	2. I	1. I	1. I	1. I	1. I			1. I	3. I
Peranema sp.			1. I		1. I	2. I		1. I	2. I								
Trachelomonas hispida			1. I						1. I	1. I	1. I	2. I	1. I	2. I		1. I	
Anisonema sp.				2. I		2. I			1. II		1. I			2. I		2. I	
Euglena proxima				1. I				2. I		1. I		1. I	1. I		2. I	1. I	2. I
Peranema trichophorum				2. I	1. I	1. I		1. I	1. I			1. I				1. I	1. I
Euglena sp.					3. I	2. I	5. II	8. I	11. II	13. II	7. II	10. II	11. I	11. I	11. I	12. I	11. I
Astasia sp.					1. I		2. I	1. I	1. I	1. I				1. I			
Euglena klebsii					1. I	4. I		2. I	1. I		1. I	1. I	2. I		2. I	4. I	3. II
Euglena viridis						2. I	6. II	13. II	10. I	4. II	3. I	5. I	4. I	2. I	2. I	1. I	1. I
Phacus pyrum						1. I	1. I	1. I	1. I	1. I		1. I	3. I	1. I			
Trachelomonas volvocina							1. I			1. I	2. I	2. I	3. I	2. I		1. I	1. I
Euglena acus									1. I		2. I	1. I			1. I	2. I	
	1	2A	2	3	4	5	6A	6	7	8	9A	9	10	11	12	13	14

Abb. 46b

Diatomophyceae	Nr. der Probenstellen 1	2A	2	3	4	5	6A	6	7	8	9A	9	10	11	12	13	14
Nitzschia sp. div.	14. II	13. II	20. II	23.III	21.III	21.III	11.III	21. IV	21.III	19.III	10.III	22.III	16. II	17.III	17. II	19. II	19. II
Gomphonema angustatum	9. I	4. II	11. I	9. II	9. II	13. II	11. II	21. II	22. II	12. II	9. II	16. II	13. II	13. II	9. II	10. II	9. I
Surirella ovata	17. II	13. II	17.III	26.III	20.III	13.III	5. II	9. II	12.III	11. IV	5. II	8. II	10. II	6. II	9. II	7. I	9. II
Nitzschia acicularis	1. I	4. I	5. II	10. II	13.III	10.III	3. I	12.III	11.III	15. II	7. II	18. II	16. II	12. II	16. II	14. II	12. II
Navicula viridula	8.III	11.III	11.III	17.III	19.III	15. II	8. II	10. II	12.III	11.III	9. II	7. I	4. I	2. I	2. I		2. I
Meridion circulare	16. IV	16.III	19.III	15.III	6.III	5. II	1. I	2. I	1. I	1. I	1. I	2. I	2. I	2. I	1. I		
Navicula gracilis	23.III	6. II	19.III	26.III	21.III	12. II	2. II	3. I	2. I	1. I	1. I	4. II	1. I	1. I			
Achnanthes linearis	19.III	9. II	12. II	11. I	6. I	2. I	3. II	1. II	3. II	4. II		2. I	1. I		1. I	2. I	2. I
Nitzschia linearis	10. I	7. I	10. II	15. II	11.III	5. II	1. I	1. I	3. I	2. I		3. I		2. I	1. I	3. I	2. I
Cymbella ventricosa	20.III	6. II	20. II	14. I	11. II	4. I		3. I	6. I	3. I		2. I		1. I	2. I		
Navicula lanceolata var. phyllepta	13. I	7. II	12. VI	11. I	5. II	5. I	6. II	2. II	4. I	5. I	1. I	1. I	1. I	4. I	1. I		2. I
Achnanthes lanceolata	7. II	2. I	12. I	4. I	2. I	6. I	4. I	1. I	5. I	3. II	1. I	2. I	2. I		3. I	1. I	4. I
Navicula cryptocephala	7. I	5. I	4. I	18.III	14.III	17. II	2. II	7. II	8. II	8. II	4. I	7. I	11. I	6. II	7. I	8. I	7. I
Rhoicosphenia curvata	4. I		1. I	17. II	20.III	13. II	2. II	3. I	7. II	6. II	1. I	1. I	1. I	1. I		1. I	1. I
Nitzschia sigmoidea	4. I		1. I	8. I	9. II	3. I	4. I	3. I	2. I	3. I	1. I	3. I		1. I	1. I	1. I	1. I
Navicula atomus - Typ	6. I	7. II	8. II	5. II	9. II	5. II	3. II	5. II	5. II	3. I		2. I	13. II	15. II	7. II	8. II	5. II
Synedra ulna		2. II	9. II	6. I	7. I	4. I	3. I	6. II	8. II	7.III	6. I	11. II	7. I	8. II	10. I	6. I	8. I
Navicula sp. div.	5. I	3. I	3. I	1. I	5. I	1. I		3. I	3. I	1. I		6. I	2. I	2. I	1. I	6. I	5. I
Gyrosigma acuminatum	3. I		1. I	7. I	1. I	3. I		1. I				1. I			1. I		1. I
Nitzschia recta	6. I	1. I	2. I	4. II	9.III	2. I	2. I	1. I	1.III	1. I	1. I		2. I				
Surirella angustata	3. I	1. I			2. II			1. I	4. I	5. I	1. I	1. I	1. I	2. I			
Cymatopleura solea var. apiculata	2. I	1. I	2. I	7. I	8. I				1. I	1. I		1. I					
Nitzschia dubia	3. I	1. I	2. I	1. I	4. I					2. I		1. I		1. I			
Nitzschia dissipata	7. I	1. I	5. II	8. II	4. I	4. II			1. I								
Amphora ovalis var. pediculus	1. I		1. I		3. I		1. I	2. I	1. I	1. I	1. I						
Cocconeis placentula	4. I		4. I	4. I	4. I		1. I										
Cymatopleura solea			1. I			2. I			1. I	2. I	4. I	4. I	3. I	3. I	2. I		1. I
Diatoma vulgare				13.III	6.III	5. II	3. II	8. II	7. I	5. I	1. I	6. II	3. I	3. I		2. I	
Diatoma anceps				2. I	3.III	2. II	1. I	1. I		1. I	1. I						
Surirella ovata var. crumena				6. II	2. II									1. I			
Navicula cuspidata var. ambigua				1. I		5. I			1. I			1. I					1. I
Cocconeis pediculus				1. I	5. I	3. I			1. I								
Stephanodiscus hantzschii + astraea					5. II	17. IV	9. I	11. II	22. IV	15.III	13. IV	22.III	24.III	24.III	25.III	25.III	23.III
Surirella ovata var. pinnata						2. I	3. I	4. I	6. I	4. I		1. I	2. I	1. I	1. I		1. I
Asterionella formosa							1. I	2. I	3. I	3. II	9. IV	13.III	13.III	14.III	13.III	16. II	14. II
Cyclotella meneghiniana + comta	1. I						1. I	3. I	3. I	8.III	6. II	10. II	11.III	13. II	8. II	8. II	8. II
Melosira granulata var. angustissima							1. I	1. I	2. I	1. I	3. II						
Synedra acus								2. I	1. I	4. II	2. I	4. I	5. II	3. I	5. I	3. I	7. I
Diatoma elongatum									1. I		2.III	8. II	6. II	7. II	8.III	5. II	8. II
Nitzschia holsatica											1. I	3. II	5. II	4. II	4. I	4. I	4. I
Chlorophyceae + Zygophyceae																	
Ulothrix tenerrima	2. I	2. I	5. II		1. I	1. I	1. I	1. I		2. I	3. I	6. I	2. I	3. I	2. I	1. I	
Chlorophyceen - Schwärmer	5. II	2. II	6. I	5. I	5. I	3. II	2. II	2. II	3. I	2. I					1. I	1. I	2. I
Gongrosira incrustans - Bruchstücke			1. I	1. I	2. II	1. I											
Cladophora glomerata - Bruchstücke				1. I	3. I	1. I											
Closterium moniliferum				1. I	3. I												
Stigeoclonium sp. div.				2. I		3. I	11. II	18. II	17. II	16. II	5. II		2. I	6. I	4. I	2. I	3. I
Actinastrum hantzschii					5.III	3. I	1. I	2. II	2. II	4. I	2. II	7. II	4. II	6. II	5. I	7. II	7. I
Ankistrodesmus falcatus					2. I	1. I		3. I	4. I	6. I	3. I	6. II	6. II	10. II	5.III	6. II	5. I
Chlamydomonas sp.					5. I	4. I	7. II	11. II	16. II	13. II	6. II	17. II	15. II	18. II	12. II	15. II	13. II
Chlorococcales sp. div.					1. I	2. I	1. I		1. I	2. I	2. I	2. I	1. I	4. I	1. I	2. I	1. I
Dictyosphaerium ehrenbergianum					3. II			2. II	6. II	4. I	5. II	6. II	11. II	6. I	4. II	4. II	5. I
Koliella longiseta					1. I			1. I	1. I	1. I		3. I	4. I	3. II	6. II	5. II	6. II
Polytoma uvella					2. I	3. I	5. II	5. II	4. II	7. II	4.III	2. II	5. I	3. I	3. I	5. I	5. I
Scenedesmus acutus					3. I	3. I	3. I	3. I	7. I	6. II	3. I	6. II	6. I	8. I	5. I	6. I	8. I
Phacotus lenticularis						3.III	1. I	1. I	1. I	1. I		1. I		1. I			
Closterium sp.						2. I		2. I	1. I			1. I		1. I	1. I	1. I	
Micractinium pusillum						1. I			8. I	5. II	6. II	8. II	5. II	6. II	4. II	9. II	10. II
Scenedesmus quadricauda						2. I	1. I	3. I	10. II	10. II	6. II	12. II	8. I	7. II	10. I	10. I	7. I
Crucigenia triangularis							2. I		2. I	2. I	2. I	1. I			2. I	2. I	
Oocystis sp.							1. I	1. I	2. I	2. I	2. I	2. I	1. I	2. I	1. I	1. I	1. I
Tetraselmis cordiformis							2. I	2. I	1. I			1. I	1. I				
Scenedesmus acuminatus							2. II	7. I	6. II	9. II	4. II	9. II	6. II	7. II	7. I	7. I	6. I
Coelastrum microporum								2. I		3. I	3. II	2. I	4. I	3. I	5. I	1. I	1. I
Chodatella wratislavensis								1. I			1. I	1. I	1. I	1. I			
Crucigenia fenestrata									3. I	1. I		1. I					1. I
Pteromonas angulosa									1. I	2. I	2. II	6. I	2. II	3. I	3. I	3. II	3. I
Monorhaphidium contortum									3. I	2. I	2. I	4. II	10. I	6. I	2. I	5. I	7. I
Pandorina morum										4. II	1. I	1. I	3. I	2. I	3. I	4. I	3. I
Kirchneriella lunaris											2. I	2. I	3. I	4. I	1. I	1. I	1. I
Pediastrum duplex											1. I	2. I		2. I		1. I	1. I
Scenedesmus opoliensis											2. I	4. I	4. I	2. I	3. I	4. I	3. I
Scenedesmus spinosus											2. I					1. I	1. I
Pediastrum boryanum												2. I			1. I		3. I
	1	2A	2	3	4	5	6A	6	7	8	9A	9	10	11	12	13	14

Einzelfunde:

Bacteriophyceae:	Beggiatoa arachnoidea, Chromatium okeni, Lampropedia hyalina, Sphaerotilus discophora, Sphaerotilus trichogenes, Thiospira volutans, Thiospira winogradskii, Vitreoscilla sp.
Cyanophyceae:	Hydrococcus rivularis, Merismopedia sp., Oscillatoria angusta, Oscillatoria brevis, Oscillatoria putrida, Oscillatoria splendida, Oscillatoria tenuis, Pseudanabaena lonchoides
Cryptophyceae:	Chilomonas paramaecium
Dinophyceae:	Dinoflagellaten sp. div., Peridinium sp.
Chrysophyceae:	Chrysococcus rufescens, Chrysococcus sp.
Xanthophyceae:	Gonioloris mutica, Tribonema sp. Bruchst., Vaucheria sp. Bruchst.
Diatomophyceae:	Amphora ovalis, Cymbella sp. div., Fragilaria sp., Gomphonema constrictum, Gomphonema olivaceum, Hantzschia amphioxys, Navicula cuspidata, Navicula pupula, Nitzschia ignorata, Pinnularia sp. div., Synedra parasitica ssp. subconstricta
Euglenophyceae:	Euglena oblonga, Phacus acuminatus, Phacus caudatus, Phacus skujai, Phacus sp., Trachelomonas hispida var. crenulaticollis
Chlorophyceae:	Carteria sp., Closterium ehrenbergii, Crucigenia rectangularis, Dictyosphaerium pulchellum, Eudorina elegans, Franceia ovalis, Gonium sociale, Microspora wittrocki, Microthamnion strctissimum, Nephroselmis angulata, Oedogonium sp., Protoderma sp., Pyramidomonas tetrarhynchos, Rhizoclonium hieroglyphicum, Scenedesmus abudans, Scenedesmus acutus var. costatus, Scenedesmus ecornis var. disciformis, Spirogyra sp. steril. Tetraedron trigonum

3. Zusammenfassung

1. Die Erft, ein linker Nebenfluß des Niederrheins, wurde in einer Zweijahresserie chemisch, physikalisch, bakteriologisch und biologisch (Aufwuchs und Mikrophytendrift) untersucht.

2. Als Mittelgebirgsbach in der Kalkeifel entspringend, durchfließt die Erft mit ihrem Mittel- und Unterlauf eine Börden- bzw. Terrassenlandschaft des Rheins. Im verkarsteten Oberlaufgebiet treten Bachschwinden auf. Im Unterlauf werden der Erft aus Braunkohletagebauen erhebliche Mengen ständig gleichwarmen Grundwassers zugeführt, die ein mehrfaches des Trockenwetterabflusses der Erft betragen.

3. Die chemischen und physikalischen Bestimmungen wurden mit vierzehntägigem Abstand ausgeführt und umfaßten: Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Hydrogenkarbonat, Gesamthärte, Karbonathärte, Calcium, Magnesium, Alkalimetalle, Chlorid, Sulphat, pH, Gesamtleitfähigkeit, Eisen, Mangan, Nitrat, Ammonium, gelöstes Orhophosphat, BSB_5 und den Kaliumpermanganverbrauch. Einmalig sind freies CO_2 sowie Natrium und Kalium bestimmt worden. Außerdem wurden an je einer Probenstelle im Ober- Mittel- und Unterlauf 24-Stunden-Messungen durchgeführt sowie im Ober- und Unterlauf Langzeitmessungen von Wassertemperatur und pH vorgenommen.

   Aus den chemischen Untersuchungen ergibt sich eine z. T. sehr starke Streuung der Einzelwerte, vor allem infolge von stoßweiser Abwasserbelastung und von Hochwässern. Der Oberlauf der Erft ist ein nährstoffreiches, alkalisches Fließgewässer, das schon im Bergbachbereich anthropogenen Einflüssen ausgesetzt ist. Im unteren Oberlauf ist die Erft bereits stark verschmutzt. Der Mittellauf ist durch vorwiegend häusliche Abwässer erheblich belastet. Der Chemismus des Unterlaufes wird bestimmt durch die ganz überwiegenden Sümpfungswässer aus den Braunkohletagebauen. Dadurch traten in diesem Erftabschnitt nur geringe Schwankungen der einzelnen Parameter auf. Dies gilt in besonderem Maße für die Wassertemperatur, die auf den 25 Flußkilometern von Kaster (Probenstelle 10) bis Neuss-Reuschenberg (Probenstelle 14) in den zwei Untersuchungsjahren insgesamt nur eine Amplitude von 11°C (11,2—22,2°C) aufwies.

4. In den bakteriologischen Befunden (Gesamtkeimzahl und Coli) spiegelt sich die Gliederung der Erft wieder, wie sie nach den übrigen biologischen und den chemischen Untersuchungen gefunden wurde. Insgesamt gesehen sind die bakteriologischen Untersuchungsergebnisse schwierig zu interpretieren und gemessen am Arbeitsaufwand nicht sehr aussagekräftig, denn die Keimzahlen unterliegen sehr starken Schwankungen durch Abwasserstöße und Hochwässer.

5. Die Untersuchung des Aufwuchses umfaßte den Aufwuchs auf künstlichen Substraten (Glasplatten) sowie den natürlichen Aufwuchs. In einem autökologischen Teil wird das Verhalten der Bakterien, Algen und sessilen Mikrozoen in der Erft mit dem aus der Literatur bekannten verglichen. Besonderes Augenmerk wurde auf das saprobiologische Indikationsgewicht der einzelnen Formen gerichtet. Dabei hat sich erneut gezeigt, daß nur Vorkommen mit größeren Abundanzen zur biologischen Gewässeranalyse herangezogen werden sollten.

6. Durch die Verwendung künstlicher, durchsichtiger Aufwuchsträger konnte bei einer ganzen Reihe von Arten festgestellt werden, daß sie wesentlich häufiger sind, als das nach den Zitaten in der Literatur zu erwarten war, z. B. *Salpingoeca obliqua, Sphaerobotrys fluviatilis* und *Protoderma* sp. unter den Algen und *Apogromia mucicola, Belaria bicorpor* und *Microcometes paludosa* unter den Rhizopoden. Diese drei genannten beschalten, festsitzenden Amoeben sind offenbar bisher fast nie gefunden worden. Sie spielen in der Erft auch quantitativ eine bedeutende Rolle.

7. Da die untere Erft auch im Winter nicht kälter als 11°C wird, kann hier die tropisch-subtropische Rotalge *Compsopogon hookeri* vorkommen.

8. Unter Verwendung der höheren Abundanzstufen wurden Leitformen für die Erft aufgestellt. Danach lassen sich mit Hilfe der Mikroorganismen nicht nur die drei Hauptbereiche Ober,- Mittel- und Unterlauf trennen, sondern es konnte eine noch erheblich weitergehende Gliederung des Gewässers vorgenommen werden.

9. Nach einer Diskussion der Möglichkeiten der Mikrophytensoziologie wurde die Erft mit Hilfe einer Stetigkeitstabelle gegliedert.

   Während sich für den Ober- und den Mittellauf viele Parallelen zu anderen Gewässern finden ließen, wird die Besonderheit der unteren Erft durch die Massenentwicklungen von *Compsopogon hookeri* und *Crenothrix polyspora* unterstrichen.

10. Da in der unteren Erft Temperatur und Licht weitgehend entkoppelt sind, war bei der Betrachtung des jahreszeitlichen Aspektwechsels der Arten ihr Verhalten im Unterlauf besonders wichtig. Es hat sich gezeigt, daß die anomal hohen winterlichen Wassertemperaturen ohne Einfluß auf die jahreszeitliche Periodik der Algen sind, während *Sphaerotilus natans* f. *eutrophica* im Winter in der unteren Erft stärker als in gleichbelasteten Gewässern mit normalem Temperaturhaushalt zur Entwicklung gelangt. Die Periodik der Algen wird in erster Linie durch das Licht gesteuert, die Bakterien und Ciliaten werden offenbar vorwiegend durch Raumkonkurrenz in Zeiten günstiger Lichtverhältnisse zurückgedrängt.

11. An den Makrophyten im winterwarmen Unterlauf konnten zeitigere Blattspreitenentwicklung *(Potamogeton natans)* und früherer Blühtermin *(Nuphar luteum)* beobachtet werden. *Potamogeton natans* wurde nie blühend angetroffen.

12. Die Mikrophytendrift in der fließenden Welle der Erft besteht im wesentlichen aus Aufwuchsdiatomeen. Ihre Periodik folgt der des Aufwuchses.

4. Literaturverzeichnis

ABDIN, G., 1949: Benthic algal flora of Aswan Reservoir. — Hydrobiologia **2**: 118-122.

AMBÜHL, H., 1959: Die Bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor. — Schweiz. Z. Hydrol. **21**, 2: 133-264.

ANAGNOSTIDIS, K., 1961: Untersuchungen über die Cyanophyceen einiger Thermen in Griechenland. — 322 S., Tessaloniki.

ANT, H., 1966: *Vallisneria spiralis* (Hydrocharitaceae) in der Lippe. — Arch. Hydrobiol. **61**, 4: 537-539.

BACKHAUS, D., 1967a: Notizen zur Morphologie, Systematik und Ökologie einiger *Chamaesiphon*-Arten aus Fließgewässern. — Schweiz. Z. Hydrol. **29**, 1: 211-225.

BACKHAUS, D., 1967b: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. I. Voruntersuchungen. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **30**, 4: 364-399.

BACKHAUS, D., 1968a: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. II. Die räumliche und zeitliche Verteilung der Algen. — Arch. Hydrobiol. Suppl. **34**, 1/2: 24-73.

BACKHAUS, D., 1968b: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. III. Die Algenverteilung und ihre Beziehung zur Milieuofferte. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **34**, 3: 130-149.

BACKHAUS, D., 1968c: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. IV. Systematisch-autökologischer Teil. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **34**, 4: 251-320.

BACKHAUS, D., 1969: Ökologische Untersuchungen an den Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse. V. Biomassenbestimmung und Driftmessungen. — Arch. Hydrobiol./ Suppl. **36**, 1: 1-26.

BACKHAUS, D. u. SANDER, U., 1967: Zur Chemie der Donauquellflüsse Breg und Brigbach und des obersten Donauabschnittes bis zur Versikkerung bei Immendingen. — Arch. Hydrobiol./ Suppl. **30**, 3: 228-305.

BALI, K. S., 1969: Hydrogeologie und Grundwasserkontamination in landwirtschaftlich genutzten Kalkgebieten. — Geol. Mitt. **8**: 389-460.

BALKE, K. D.,1969: Geothermisch und hydrogeologische Untersuchungen in der südlichen Niederrheinischen Bucht. — Diss., 79 S., 34 Abb., 30 Anlagen, Bonn.

BEGER, H., 1966: Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie. — 2 .Aufl. bearb. v. GERLOFF, J. u. LÜDEMANN, D., 360 S., Jena.

BEHRE, K., 1956: Die Algenbesiedlung einiger Seen um Bremen und Bremerhaven. — Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven **4**: 221-383.

BEHRE, K., 1961: Die Algenbesiedlung der Unterweser unter Berücksichtigung ihrer Zuflüsse (ohne die Kieselalgen). — Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven **7**: 71-263.

BEHRE, K., 1967: Zur Algensoziologie des Süßwassers (unter besonderer Berücksichtigung der Litoralalgen). — Arch. Hydrobiol. **62**, 2: 125-164.

BICK, H. u. KUNZE, S., 1971: Eine Zusammenstellung von autökologischen und saprobiologischen Befunden an Süßwasserciliaten. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **56**, 3: 337-384.

BICK, H. u. SCHOLTYSECK, E., 1960: Ökologische Untersuchungen an Abwasserteichen. — Arch. Hydrobiol. **57**, 1/2: 196-216.

BIGGER, J. W., 1937: The growth of coliform bacilli in water. — J. Pathol. Bacteriol. **44**, zit. nach BEGER 1966.

BLUM, J. L., The ecology of river algae. — Bot. Rev. **22**, 5: 291-341.

BLUM, J. L., 1957: An ecological study of the algae of the Saline River Michigan. — Hydrobiologia **9**: 361-408.

BÖCHER, T. W., 1946: *Pseudanabaena biceps,* a new sapropelic species from bottom mud. — Bot. Notiser **2**: 281-284.

BÖCHER, T. W., 1949: Studies on the sapropelic flora of the lake Flyndersø with special reference to the Oscillatoriaceae. — Kgl. Danske Vidensk. Selskap, Biol. Medd. **21**, 1: 1-46.

BOMBOWNA, M., 1960: Hydrochemische Charakteristik des Flusses Sola und seiner Nebenflüsse. — Acta Hydrobiol. **2**: 175-200.

BOURRELLY, P., 1966: Les algues d'eau douce. I. Les algues vertes. — 511 S., Paris.

BOURRELLY, P., 1968: Les algues d'eau douce. II. Les algues jaunes et brunes. — 438 S., Paris.

BOURRELLY, P., 1970: Les algues d'eau douce. III. Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. — 512 S., Paris.

BRAUN-BLANQUET,J., 1964: Pflanzensoziolgie. — 3. Aufl., 865 S., Wien - New York.

BREED, R. S., MURRAY, E. G. D., HITCHENS, A. P., 1948: Bergey's Manual of determinative Bacteriology. — 6. Aufl., 1529 S., Baltimore.

BREITIG, G., 1970: Indikatoren für die Verunreinigung der Gewässer mit abbaubaren organischen Stoffen — Saprobiensystem — Ausgewählte Meth. Wasserunters. II, 21 S., Jena.

BRUJEWICZ, S. W., 1931: Tägliche Schwankungen der hydrochemischen Faktoren im Flußwasser. - Verh. Int. Ver. Limnol. **5**: 442-457.

BUCKSTEEG, W., 1952: Welche Bedeutung hat die Keimzahl für die Beurteilung von Oberflächenwasser? — Wasser, Luft u. Betrieb **6**, 9: 462-464.

BUDDE, H., 1928a: Die Algenflora des Sauerländischen Gebirgsbaches. — Arch. Hydrobiol. **19**: 433-520.

BUDDE, H., 1928b: Die Algen der Bäche des Sauerlandes. — Verh. Naturhist. Ver. Rheinl. und Westf. **84**: 181-212.

BUDDE, H., 1930: Die Algenflora der Ruhr. — Arch. Hydrobiol. **21**: 559-648.

BUDDE, H., 1931: Die Algenflora westfälischer Salinen und Salzgewässer I. — Arch. Hydrobiol. **23**: 462-490.

BUDDE, H., 1932: Die Algenflora der Lippe und ihrer Zuflüsse III. — Arch. Hydrobiol. **24**: 187-252.

BUDDE, H., Die Algenflora westfälischer Salinen und Salzgewässer II. - Arch. Hydrobiol. **25**: 305-325.

BUDDE, H., 1934: Algenuntersuchungen in westfälischen Mooren, insbesondere algensoziologischer Art. — Abh. Westf. Mus. Naturk. **5**, 1: 48 S.

BUDDE, H., 1935: Die Algenflora der Eder. — Arch. Hydrobiol. **28**: 240-253.

BUDDE, H., 1942: Die Algenflora Westfalens und der angrenzenden Gebiete. — Decheniana, Festschr., **101** AB: 131-214g (L1-L18).

BURSCHE, E. M., 1962: Untersuchungen über die in der Polenz vorherrschenden Bewuchsdiatomeen. Arch. Hydrobiol. **58**, 4: 474-489.

BUTCHER, R. W., 1932: Studies in the ecology of rivers. II. The microflora of rivers with special reference to the algae on the river bed. — Ann. Bot. **46**, 184: 813-860.

BUTCHER, R. W., 1940: Studies in the ecology of rivers. IV. Observations on the growth and distribution of the sessile algae in the River Hull, Yorkshire. — J. Ecology **28**: 210-223.

BUTCHER, R. W., 1947: Studies in the ecology of rivers. VII. The algae of organically enriched waters. — J. Ecology **35**: 186-191.

BUTCHER, R. W., 1949: Problems of distribution of sessile algae in running water. — Verh. Int. Ver. Limnol. **10**: 98-103.

BUTCHER, R. W., 1955: Relation between the biology and the polluted conditions of the Trent. — Verh. Int. Ver. Limnol. **12**: 823-827.

BUTCHER, R. W., PENTELOW, T. K. and WOODLEY, J. W. A., 1927: The diurnal variation of the gaseous constituents of river waters I a. II. — Biochem. J. **21**: 945-957, **21**: 1423-1435.

BUTCHER, R. W., PENTELOW, T. K., and WOODLEY. J. W. A., 1928: The diurnal variation of the gaseous constituents of river waters III a. IV. - Biochem. J. **22**: 1035-1047, **22**: 1478-1489.

BUTCHER, R. W., PENTELOW, T. K., and WOODLEY, J. W. A., 1930: Variations in composition of river waters. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **24**: 47-80.

CHOLNOKY, B. J., 1968: Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. — 699 S., Lehre.

DEMOLL, R. u. LIEBMANN, H., 1952: Über die Verteilung von *Sphaerotilus natans* im Fluß. — Schweiz. Z. Hydrol. **14**, 1: 289-297.

DILLARD, G. E., 1969: The benthic algal communities of a North Carolina Piedmont stream. — Nova Hedwigia **17**: 9-29.

DORFF, P., 1934: Die Eisenorganismen. Systematik und Morphologie. — Pflanzenforsch. **16**, 62 S., Jena.

DRAKE, CH. H., 1965: Occurrence of *Siderocapsa treubii* in certain waters of the Niederrhein. — Gewässer u. Abwässer **39/40**: 41-63.

DRAKE, CH. H., 1966: A note on the Distribution of *Siderocapsa treubii* in certain waters of the Eifel Region (Germany). — Gewässer u. Abwässer **43**: 92-93.

EHRENDORFER, F., 1967: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. — 253 S., Graz.

EICHENBERGER, E., 1967a: Ökologische Untersuchungen an Modellfließgewässern. I. Die jahreszeitliche Verteilung der bestandesbildenden pflanzlichen Organismen bei verschiedener Abwasserbelastung. — Schweiz. Z. Hydrol. **29**, 1:1-31.

EICHENBERGER, E., 1967b: Ökologische Untersuchungen an Modellfließgewässern. II. Jahreszeitliche Veränderungen der Biomassenbildung bei verschiedenen Abwasserbelastungen. — Schweiz. Z. Hydrol. **29**, 2: 32-52.

ELLENBERG, H., 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. — In WALTER, H.: Einführung in die Phytologie, **4**, 2, 943 S., Stuttgart.

ELSTER, H. J. u. SCHMOLINSKY, F., 1952/53: Morphometrie, Klimatologie und Hydrographie der Seen des südlichen Schwarzwaldes. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **20**: 157-211, 375-441.

FETZMANN, E. L., 1956: Beiträge zur Algensoziologie. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss. Abt. I, **165**, 9+10: 709-783.

FINDENEGG, I., 1947: Über die Lichtansprüche planktischer Süßwasseralgen. — Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl. I, **155**.

FJERDINGSTAD, E., 1950: The microflora of the river Mølleaa with special reference to the relation of the benthal algae to pollution. — Folia Limnol. Scandinavica **5**, 123 S.

FJERDINGSTAD, E., 1964: Pollution of streams estimated by benthal phytomicro-organisms. I. A saprobic system based on communities of organisms and ecological factors. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **49**, 1: 63-131.

FERDINGSTAD, E., 1965: Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicro-organisms. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **50** (Syst. Beitr. 4) 475-604.

FLINT, E. A., 1949/50: An investigation of the distribution in time and space of the algae of a British water reservoir. — Hydrobiologia **2**: 217-240.

FOGED, N., 1948: Diatoms in water-courses in funen. VI. Conclusions and general remarks. — Dansk Bot. Arkiv **12**, 12: 1-110.

FOTT, B., 1960: Taxonomische Übertragungen und Namensänderungen unter den Algen. — Preslia **32**: 142-154.

FOTT, B., 1971: Algenkunde. — 2. Aufl., 581 S., Jena.

FRIEDRICH, G., 1966: *Compsopogon hookeri* MONTAGE neu für Deutschland. — Nova Hedwigia **12**, 3+4: 399-403.

FRITSCH, F. E., 1949: The lime encrusted *Phormidium* community of British streams. — Verh. Int. Ver. Limnol. **10**: 141-144.

FRITSCH, F. E., 1950: *Phormidium incrustatum* (NAEG.) GOM., an important member of the lime encrusted communities of flowing waters. — Biol. Jaarboek **17**: 27-39.

GEITLER, L., 1932: Cyanophyceae. — In: RABENHORSTS Kryptogamenflora **14**, 1196 S., Leipzig.

GEMEINHARDT, K., 1939: Oedogoniales. — In: RABENHORSTS Kryptogamenflora **12**, 4, 453 S., Leipzig.

GESSNER, F., 1955: Hydrobotanik. I. Energiehaushalt. — 517 S., Berlin.

GLASER, H., PETRIKAT, K., SCHMITZ, W. und FLINSPACH, D., 1969: Studie über die thermische Belastbarkeit der fließenden Oberflächengewässer. — 82 S., Innenminist. Baden-Württemberg, Stuttgart.

GLÜCK, H., 1936: Pteridophyten und Phanerogamen. In: PASCHER, A.: Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas, **15**, 486 S., Jena.

GOWARD, M., 1937: An ecological and taxonomic investigation of the littoral algal flora of Lake Windermere. — J. Ecology **25**, 2: 496-568.

GOLUBIĆ, ST., 1967: Algenvegetation der Felsen. — Die Binnengewässer, **23**, 183 S.

GRABERT, H., 1960: Gutachten des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen über die Wasserversorgung der Stadt Münstereifel (Kreis Euskirchen). — Msk., Krefeld.

HANSGIRG, A., 1886: Prodomus der Algenflora von Böhmen. 1. Teil. — Arb. naturwiss. Landesdurchf. Böhmen **5**, 6, Bot. Abt.

HEERING, W., 1921: Chlorophyceae IV. Siphonocladiales, Siphonales. — In: PASCHER, A.: Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, **7**, 103 S., Jena.

HEGI, H. R. u. FISCHER, E. 1969: Probenkonservierung für chemische Untersuchungen an häuslichen und kommunalen Abwässern und Kläranlagenabflüssen. — Schweiz. Z. Hydrol. **31**, 1: 162-174.

HEYNIG, H., 1969: Beobachtungen an planktischen Flagellaten. Zur Kenntnis des Planktons mitteldeutscher Gewässer V. — Arch. Protistenk. **111**: 170-191.

HOEK, C. van den, 1963: Revision of the European species of *Cladophora*. — 248 S., 55 Taf., Leiden.

HORNUNG, H., 1959: Floristisch-ökologische Untersuchungen an der Echaz unter besonderer Berücksichtigung der Verunreinigung durch Abwässer. — Arch. Hydrobiol. **55**: 52-126.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1938: Das Phytoplankton des Süßwassers. 1. Teil: Allgemeiner Teil. Blaualgen. Bakterien. Pilze. — Die Binnengewässer **16**, 1, 342 S., Stuttgart.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1941: Das Phytoplankton des Süßwassers. 2. Teil, 1. Hälfte: Chrysophyceen. Farblose Flagellaten. Heterokonten. — Die Binnengewässer **16**, 2, 1, 365 S., Stuttgart.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1942: Das Phytoplankton des Süßwassers. 2. Teil, 2. Hälfte: Diatomeen. — Die Binnengewässer **16**, 2, 2, 549 S., Stuttgart.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1955: Das Phytoplankton des Süßwassers. 4. Teil: Euglenophyceen. — Die Binnengewässer **16**, 4, 606 S., 114 Taf., Stuttgart.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1961: Das Phytoplankton des Süßwasser. 5. Teil: Chlorophyceae (Grünalgen, Ordnung: Volvocales. — Die Binnengewässer **16**, 5, 744 S., 158 Taf., Stuttgart.

HUBER-PESTALOZZI, G., 1968: Das Phytoplankton des Süßwassers. 3. Teil: Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophyceae. — 2. Aufl. neubearb. von B. FOTT. — Die Binnengewässer **16**, 3, 322 S., Stuttgart.

HUSTEDT, F., 1930a: Bacillariophyta (Diatomeae). — 2. Aufl., In: PASCHER, A: Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas, **10**, 466 S., Jena.

HUSTEDT, F., 1930b: Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 1. Teil. — In: RABENHORSTS Kryptogamenflora **7**, 1, 920 S., Leipzig.

HUSTEDT, F., 1938: Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra. Allgemeiner Teil. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **15**: 638-790, Suppl. **16**: 1-155, 274-394.

HUSTEDT, F., 1950: Die Diatomeenflora norddeutscher Seen mit besonderer Berücksichtigung des holsteinischen Seengebietes. V.-VII. — Arch. Hydrobiol. **43**: 329-458.

HUSTEDT, F., 1957: Die Diatomeenflora des Fluß-Systems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. — Abh. Naturwiss. Ver. Bremen **34**: 181-440.

HUSTEDT, F., 1959: Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 2. Teil. — In: RARENHORSTS Kryptogamen-Flora **7**, 2, 845 S., Leipzig.

HUSTEDT, F., 1960-66: Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 3. Teil. — In: RABENHORSTS Kryptogamen-Flora **7**, 3, Lief. 1: 1-160, 1961, Lief. 2: 161-348, 1962, Lief. 3: 349-556, 1964, Lief. 4: 557-816, 1966, Leipzig.

HYNES, H. B. N., 1969: The enrichment of streams. — In: Eutrophication, Nat. Acad. Sci.: 188-196, Washington D. C.

Int. Ver. Theor. u. Angew. Limnol., 1962: Symposium Kastanienbaum (Luzern) 1961: Der Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf die Organismen des Wassers. - Schweiz. Z. Hydrol. **24**: 353-484.

ISLAM, N. A. K. M., 1963: A revision of the genus *Stigeoclonium*. — Beih. Nova Hedwigia **10**, 164 S., 47 Taf.

JØRGENSEN, E. G., 1948: Diatom communities in some Danish lakes and ponds. — Kgl. Danske Vidensk. Selskap, Biol. Skr. **5**, 2.

JØRGENSEN, E. G., 1952: Notes on the ecoloy of the diatom *Navicula accomoda* HUST. — Bot. Tidskrift **49**: 189-191.

JØRGENSEN, E. G., 1964: Adaption to different light intensities in the diatom *Cyclotella meneghiniana* KÜTZ. — Physiologia Plantarum **17**: 136-145.

KANN, E., 1943: Krustenalgen in Alpenbächen. — Arch. Hydrobiol. **40**: 459-473.

KANN, E., 1970: Systematische und ökologische Bemerkungen zu einigen Arten von *Phormidium*. - Schweiz. Z. Hydrol. **32**, 2: 484-485.

KHAN, M., 1970: On two fresh water red algae from Dehra Dun. — Hydrobiologia **35**, 2: 249-253.

KLEIN, L., 1959: River pollution. 1. Chemical analysis. — 206 S., Nachdruck 1968, London.

KLEIN, L., 1962: River pollution. II. Causes and effects. — 456 S., London.

KLOTTER, H. E. u. HANTGE, E., 1966: Über die Auswertung biologischer Gewässeruntersuchungen und ihre Relation zum biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB_5). — Wasserwirtschaft **56**: 21-26.

KÖRBER, H., 1962: Die geographischen und geologischen Grundlagen einer Hydrologie des Erftgebietes. — Gewässer und Abwässer **30/31**: 99-160.

KOMÁREK, J. u. KALINA, T., 1956: Bemerkungen zur Cönologie und Systematik der Gattung *Homoeothrix* (THUR. et FLAH.) KIRCHN. — Österr. bot. Z. **112**: 424-441.

KOMÁRKOVA-LEGNEROVÁ, J., 1969: The systematics and ontogenesis oft the genera *Ankistrodesmus* CORDA and *Monoraphidium* gen. nov. Studies in Phycology **1**: 75-122, Stuttgart.

KRALIK, U., 1961: Ein Beitrag zur Biologie von loricaten peritrichen Ziliaten, insbesondere von *Platycola truncata* FROMENTEL 1874. — Arch. Protistenkunde **105**, 2: 201-257.

KRAUSE, W., 1971: Die makrophytische Wasservegetation der südlichen Oberrheinaue. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **37**, 4: 387-465.

KRIEGER, W., 1937: Die Desmidiaceen. — In: RABENHORSTS Kryptogamenflora **13**, Abt. 1, 1-712. Leipzig.

LIEBMANN, H., 1962: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie I. — 2. Aufl., 588 S., München.

LUND, J. W. G. and TALLING, J. F., 1957: Botanical limnological methods with special reference to the algae. — Bot. Review. **23**, 8+9: 489-583.

MACAN, T. T., 1958: The temperature of a small stony stream. — Hydrobiologia **12**: 89-106.

MÄDLER, K., 1961: Untersuchungen über den Phosphorgehalt in Bächen. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **46**, 1: 75-83.

MARGALEF, R., 1960: Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **46**, 1: 133-153.

MATTERN, H., 1970: Beobachtungen über die Algenflora im Uferbereich des Bodensees (Überlinger See und Gnadensee). — Arch. Hydrobiol./Suppl. **37**, 1/2: 1-163.

MÜLLER-HAECKEL, A., 1966: Diatomeendrift in Fließgewässern. — Hydrobiologia **28**: 73-87.

NUSCH, E. A., 1970: Ökologische und systematische Untersuchungen der Peritrichia (Protozoa, Ciliata) im Aufwuchs von Talsperren und Flußstauen mit verschiedenem Saprobitätsgrad (mit Modellversuchen). — Arch. Hydrobiol. (Monographische Beiträge.) Suppl. **37**, 3: 243-386.

OHLE, W., 1953: Phosphor als Initialfaktor der Gewässereutrophierung. — Vom Wasser **20**: 11-24.

OHLE, W., 1965: Nährstoffanreicherung der Gewässer durch Düngemittel und Meliorationen. — Münchener Beiträge **12**: 54-83.

OVERBECK, J., 1967: Zur Bakteriologie des Süßwassersees — Ergebnisse und Probleme. — Gas- und Wasserfach **108**, 44: 1258-1260.

OVERBECK, J., 1968a: Prinzipielles zum Vorkommen der Bakterien im See. — Mitt. Int. Ver. Limnol. **14**: 134-144.

OVERBECK, J., 1968b: Bakterien im Gewässer — ein Beispiel für die gegenwärtige Entwicklung der Limnologie. — Mitt. Max-Planck-Gesell. **3**: 165-182.

PANKNIN, W., 1945: Zur Entwicklungsgeschichte der Algensoziologie und zum Problem der „echten" und „zugehörigen" Algengesellschaften. — Arch. Hydrobiol. **41**: 92-111.

PASCHER, A., 1939: Heterokonten. — In: RABENHORSTS Kryptogamenflora **11**, 1092 S., Leipzig.

PASCHER, A., SCHILLER, J. u. MIGULA, W., 1925: Heterokontae, Phaeophyta, Rhodophyta, Charophyta. — In: PASCHER, A.,: Die Süßwasser-Flora Deutschl., Österr. u. d. Schweiz, **11**, 250 S., Jena.

PATRICK, R., 1948: Factors effecting the distribution of diatoms. — Bot. Review **14**, 8: 473-524.

PATRICK, R., MATTHEW, H. H., and WALLACE, J. H., 1954: A new method for determining the pattern of the diatom flora. — Not. Naturae Acad. Nat. Sci. Philadelphia **259**, 12 S.

PATRICK, R. and REIMER, CH. W., 1966: The diatoms of the United States I. — 688 S., Philadelphia.

PAWLACZYK, M., 1961: Morfologia i ekologia *Sphaerotilus natans* KÜTZ. — Zeszyty Naukowe Politechniki Wroclawskiej, Inzynieria Sanitarna I, **40**, 1960: 107-125.

PEUKERT, W., 1967: Die Bedeutung des Lichtklimas in Fließgewässern — dargestellt am Beispiel der Elbe. — Fortschritte Wasserchemie und Grenzgeb. **7**, Berlin.

PRINGSHEIM, E. G., 1946: On iron flagellates. — Phil. Trans. Roy. Soc. London **232**: 311-342.

PRINGSHEIM, E. G., 1949: The filamentous bacteria *Sphaerotilus, Leptothrix, Cladothrix,* and their relation to iron and manganese. — Phil. Trans. Roy. Soc. London **233**: 453-482.

PRINGSHEIM, E. G., 1952: Eisenorganismen. — Endeavour **11**: 208-214.

PRINGSHEIM, E. G., 1963: Farblose Algen. — 471 S., Stuttgart.

PRINGSHEIM, E. G., 1966: Über den „Eisenflagellaten" *Anthophysa vegetans* (Monadaceae) und die Eigenschaften brauner mikrobieller Ablagerungen. — Arch. Mikrobiol. **53**, 1: 67-76.

PRINTZ, H., 1964: Die Chaetophoralen der Binnengewässer. — Hydrobiologia **24**: 1-376.

PROWSE, G. A., 1959: Relationship between epiphytic algal species and their macrophytic hosts. — Nature **183**: 1204-1205.

RAABE, H., 1951: Die Diatomeenflora der ostholsteinischen Fließgewässer. — Arch. Hydrobiol. **44**: 521-638.

RANDHAWA, M. S., 1959: Zygnemaceae. — I. C. A. R. Monographs on Algae, 478 S., New Delhi.

RHEINHEIMER, G., 1965: Der Einfluß der Temperatur auf das Bakterienleben in den Gewässern. — Naturwiss. Rundschau **18**, 12: 476-481.

RIETH, A., 1964: Einige Überlegungen zur derzeitigen Situation von Taxonomie und Ökologie in der Algenkunde. — Limnologica **2**, 3: 267-279.

ROLL, H., 1939: Die Pflanzengesellschaften ostholsteinischer Fließgewässer. Limnologisch-soziologische Studien. (Diss.) — Arch. Hydrobiol. **34**: 159-305.

RUTTNER, F., 1962: Grundriß der Limnologie. — 3. Aufl., 332 S., 70 Abb., Berlin.

SAEDELEER, H. DE, 1934: Beitrag zur Kenntnis der Rhizopoden: Morphologische und systematische Untersuchungen und ein Klassifikationsversuch. Mem. Mus. Roy. d'Hist. Nat. de Belgique **60**, 112 S. Brüssel.

SCHEELE, M., 1952: Systematisch-ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora der Fulda. - Arch. Hydrobiol **46**: 305-423.

SCHEURING, L. u. HÖHNL, G., 1956: *Sphaerotilus natans* — seine Ökologie und Physiologie. — Schriften Ver. Zellstoff- und Papier-Chemiker u. Ingen. **26**. 152 S., Darmstadt.

SCHLÜTER, M., 1961: Die Diatomeen-Gesellschaften des Naturschutzgebietes Strausberg bei Berlin. Versuch einer limnosoziologischen Analyse von Kleinalgen—Standorten eines Niedermoorgebietes. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **46**: 562-609.

SCHLÜTER, M., 1966: Über den Bewuchs und geeignete Untersuchungsmethoden. — Limnologica **4**, 2: 363-375.

SCHMASSMANN, H., 1951: Untersuchungen über den Stoffhaushalt fließender Gewässer. — Schweiz. Z. Hydrol. **13**: 300-355.

SCHMASSMANN, H., 1955: Die Stoffhaushaltstypen der Fließgewässer. — Arch. Hydrobiol./Suppl. **22**, 2: 504-509.

SCHMIDT, A., 1874-1959: Atlas der Diatomaceen-Kunde. — Hefte 1-120, Leipzig.

SCHMITZ, W., 1965: Die Soziologie aquatischer Mikrophyten. — In: TÜXEN, R.: Biosoziologie, Ber. ü. d. Int. Sympos. Stolzenau/Weser 1960: 120-139.

SCHNEIDER, H. u. THIELE, S., 1965: Geohydrologie des Erftgebietes. — 185 S., Minist. Ernähr., Landwirtsch. Forsten NW, Düsseldorf.

SCHNEIDER, M., 1953: Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft im Gebiet der Erftquellflüsse. — Arb. Rhein. Landesk., Bonn.

SCHNIEDER, E., 1965: Floristische und ökologische Untersuchungen an Algen in Fließgewässern des nördlichen Münsterlandes. — Abh. Landesmus. Naturk. Münster, **27**, 4: 1-62.

SCHÖNBORN, W., 1966: Beschalte Amöben (Testaceae). — Die Neue Brehm-Bücherei **357**, 112 S., Wittenberg.

SCHROEDER, H., 1939: Die Algenflora der Mulde. Ein Beitrag zur Biologie saprober Flüsse. — In: KOLKWITZ, R.: Pflanzenforschung **21**, 88 S., 1 Taf.

SCHWABE, G. H., 1962: Aus Böden von El Salvador kultivierte Blaualgen. — Nova Hedwigia **4**, 3+4: 495-545.

SCHWOERBEL, J., 1966: Methoden der Hydrobiologie. — 207 S., Stuttgart.

SCULTHORPE, C. D., 1967: The biology of aquatic vascular plants. — 610 S., London.

SLÁDEČEK, V., 1963: A guide to limnosaprobical Organismus. — SBORNIK **7**, 2: 543-612.

SLÁDEČEK, V. and SLÁDEČKOVÁ, A., 1963: Limnological study of the reservoir Sedlice near Zeliv. XXIII. Periphyton production. — SBORNIK **7**, 2: 77-133.

SLÁDEČKOVÁ, A., 1962a: Limnological investigation methods for the periphyton („Aufwuchs") community. — Bot. Review **28**, 2: 286-350.

SLÁDEČKOVÁ, A., 1962b: Limnological study of the reservoir Sedlice near Zeliv. XX. Periphyton stratification during the second year-long period (August 1958 — June 1959). — SBORNIK **6**, 1: 221-291.

SLÁDEČKOVÁ, A., 1964: The periphyton development in the newly impounded Fláje Reservoir. - SBORNIK **7**, 1: 443-506.

SLÁDEČKOVÁ, A. and SLÁDEČEK, V., 1963: Periphyton as indicator of the reservoir water quality. — I. True periphyton. — SBORNIK **7**, 1: 507-557.

SPRENGER, F. J., 1968: Untersuchungen über die Phosphor- und Stickstoffbelastung der Zuflüsse eines Sees. (II. Teil). — Vom Wasser **35**: 137-149.

ŠRÁMEK-HUŠEK, R., 1956: Zur biologischen Charakteristik der höheren Saprobitätsstufen. — Arch. Hydrobiol. **51**, 3: 376-390.

STARMÜHLNER, F., 1969: Beiträge zur Kenntnis der Biozönosen isländischer Thermalgewässer. - Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **178**, 6: 83-173.

STOCKNER, J. G., 1968: The ecology of a diatom community in a thermal stream. — Brit. phycol. Bull. **3**, 3: 501-514.

SYMOENS, J. J., 1951: Esquisse d'un système des associations algales d'eau douce. — Verh. Int. Ver. Limnol. **11**: 395-408.

THAYER, G. W., 1970: Comparison of two storage methods for the analysis of nitrogen and phosphorus fractions in estuarine water. — Chesapeake Sci. **11**, 3: 155-158.

THUNMARK, S., 1945: Zur Soziologie des Süßwasserplanktons. — Folia Limnol. Scandinavia **3**: 1-66.

UHERKOVICH, G., 1966: Die *Scenedesmus*-Arten Ungarns. — 173 S., Budapest.

UTERMÖHL, H., 1925: Limnologische Phytoplanktonstudien. Die Besiedlung ostholsteinischer Seen mit Schwebepflanzen. — Arch. Hydrobiol./ Suppl. **5**, 527 S., 42 Abb., 24 Taf.

VENTZ, D., 1964: Beitrag zur Saprobiologie einiger Organismen. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **49**, *1:* 133-138.

VOGLER, P., 1965: Probleme der Phosphatanalytik in der Limnologie und ein neues Verfahren zur Bestimmung von gelöstem Orthophosphat neben kondensierten Phosphaten und organischen Phosphorsäureestern. — Int. Revue ges. Hydrobiol. **50**, 1: 33-48.

VOLLENWEIDER, R. A., 1968: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fließgewässereutrophierung, unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren. — OECD, Tech. Ber., DAS/CSI/68.27, Paris.

WEBER, C. I. and RASCHKE, R. L., 1966: Use of a floating periphyton sampler for water pollution surveillance. — Water Pollution Surveillance System Applicat. and Development Report **20**, 22 S., Federal Water Pollution Controll Administration.

WEHRLE, E., 1942: Algen in Gebirgsbächen am Südostrande des Schwarzwaldes. — Beitr. naturk. Forsch. Oberrheingebiet **7**: 128-286.

WEIMANN, R., 1952: Über Sauerstoffhaushalt und andere Grundlagen der Gewässerüberwachung. - Schriftenr. Ausschusses Kulturbauwesen Westdeutschl. **2**, Hamburg.

WHITFORD, L. A. and SCHUMACHER, G. J., 1963: Communities of algae in North Carolina streams and their seasonal relations. — Hydrobiologia **22**: 133-196.

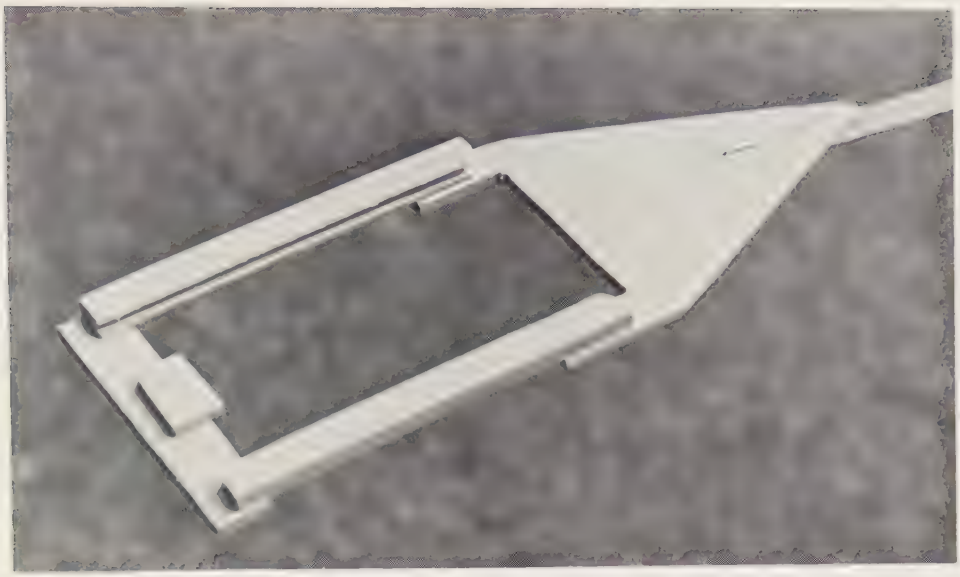
WHITFORD, L. A. and SCHUMACHER, G. J., 1968: Notes on the ecology of some species of freshwater algae. — Hydrobiologia **32**, 1-2: 225-236.

WUHRMANN, K., 1963: River bacteriology and the role of bacteria in self-purification of rivers. — In: HEUKELEKIAN, H. and DONDERO, N. C.: Principles and Applicat. in Aquatic Microbiol.: 167-192, New York, London, Sydney.

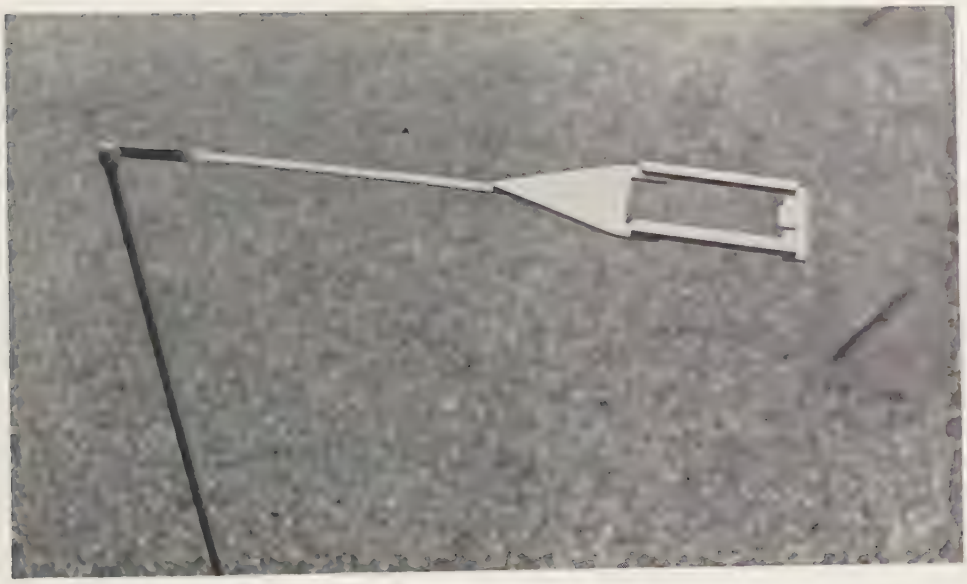
ZELINKA, M. u. MARVAN, P., 1961: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. — Arch. Hydrobiol. **57**, 3: 389-407.

ZIMMERMANN, P., 1961: Experimentelle Untersuchungen über die ökologische Wirkung der Strömungsgeschwindigkeit auf die Lebensgemeinschaften des fließenden Wassers. - Schweiz. Z. Hydrol. **23**, 1: 1-81.

Tafel 1



Aufwuchsträgerrahmen



Aufwuchsträgerrahmen, montiert

Aufwuchsträgerrahmen, exponiert

robenstelle 1
uhbach oberhalb Frohngau

Probenstelle 2A
Borbach vor Mündung in den Kuhbach

Probenstelle 2
Kuhbach oberhalb der Erftquelle

Probenstelle 3
Erft an der Kreisgrenze Schleiden — Euskirchen

Probenstelle 4
berhalb Eicherscheid

Probenstelle 5
unterhalb Iversheim

Tafel 3

Probenstelle 6A
Straßenbrücke Lommersum

Probenstelle 6
Pegel Kühlseggen

Probenstelle 7
Straßenbrücke Liblar — Lechenich

Probenstelle 8
Straßenbrücke Gymnich — Brüggen

Probenstelle 9A
Kerpener Wald

Probenstelle 9
Pfaffendorf

obenstelle 10
ster

Probenstelle 11
Morken

obenstelle 12
storfer Mühle

Probenstelle 13
Wevelinghoven, obere Mühle

Probenstelle 14
Neuss-Reuschenberg

Legende zu Tafel 5

a) *Crenothrix polyspora* COHN

b) *Siderocapsa treubii* MOLISCH
(Der Pfeil gibt die Richtung der Wasserströmung an.)

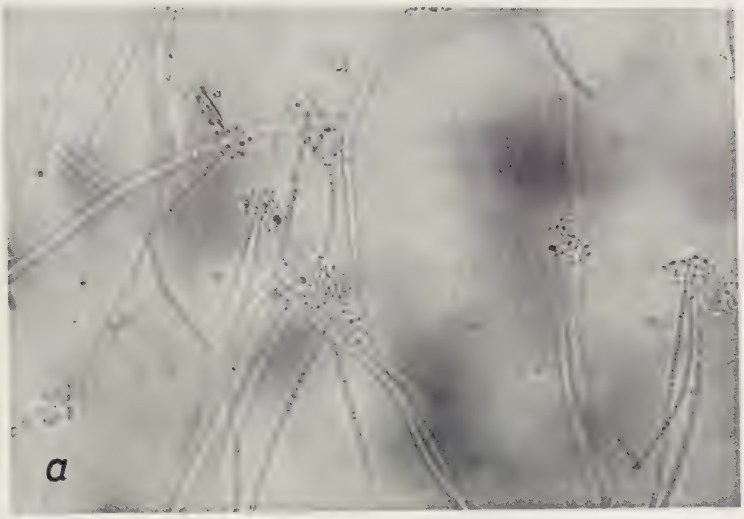
c-e) *Chamaesiphon fuscus* (ROSTAF.) HANSG.

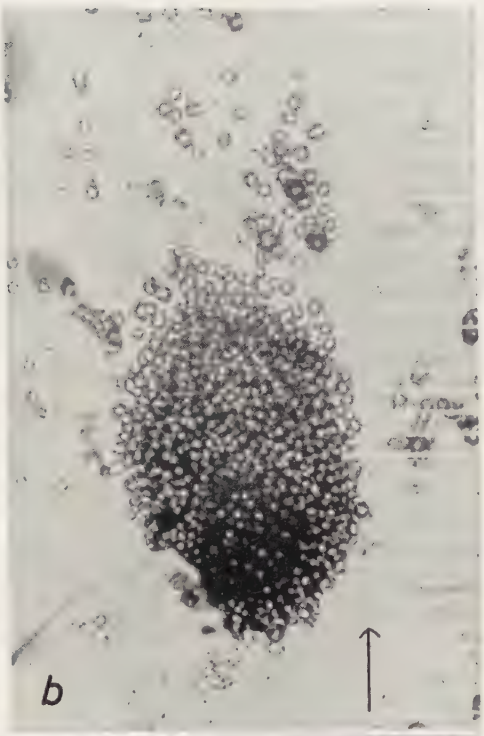
f) *Hydrococcus rivularis* KÜTZ.
junges Lager

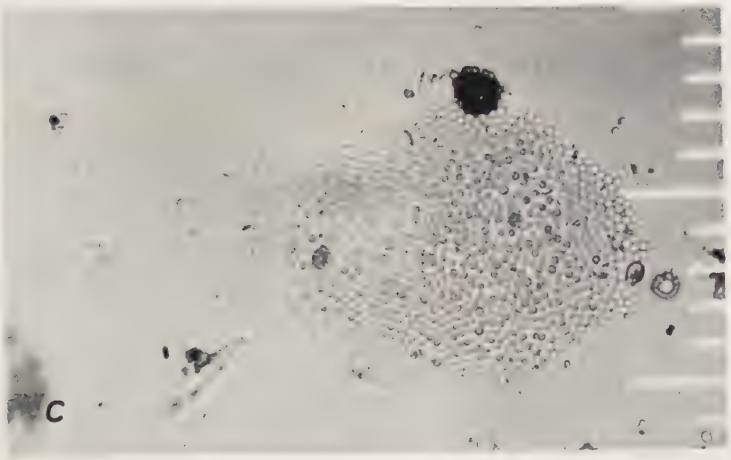
g) *Hydrococcus cesatii* RABENH.

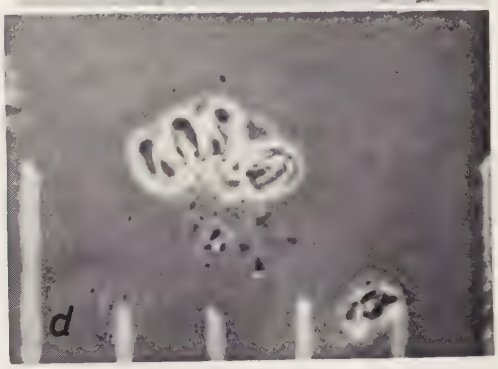
h) *Scopulonema minus* (HANSG.) GEITLER

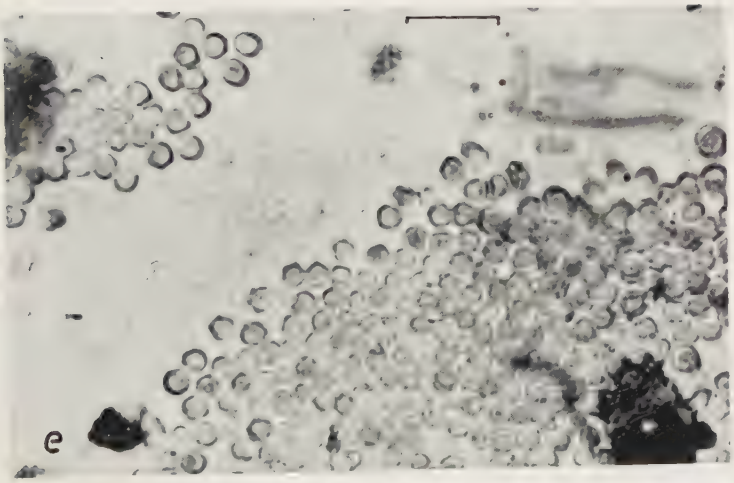
Die Abstände zwischen zwei kurzen Streifen entsprechen jeweils 10µm.

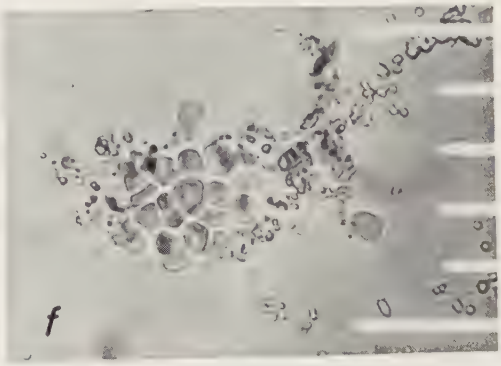

a

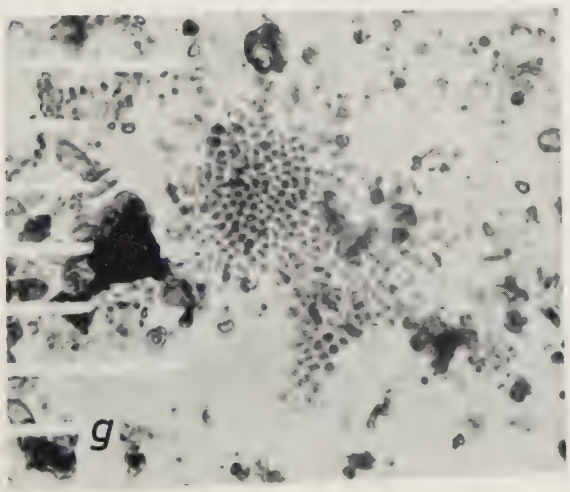

b

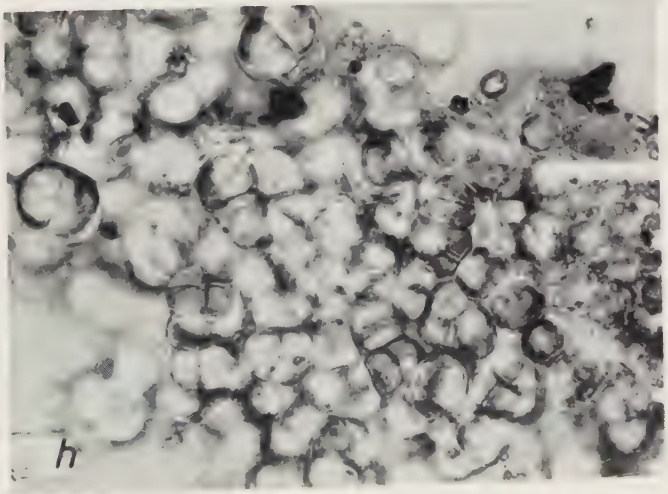

c


d


e


f


g


h

Legende zu Tafel 6

a) *Pseudochantransia* Typ II
(*Ps. chalybaea* var. *thermalis* HANSGIRG)
aus dem Unterlauf

b + c) *Pseudochantransia* Typ I
aus dem Oberlauf

d) *Hydrurus foetidus* AGARTH,
junge Keimlinge

e) *Hydrurus foetidus* AGARTH,
ältere Keimlinge

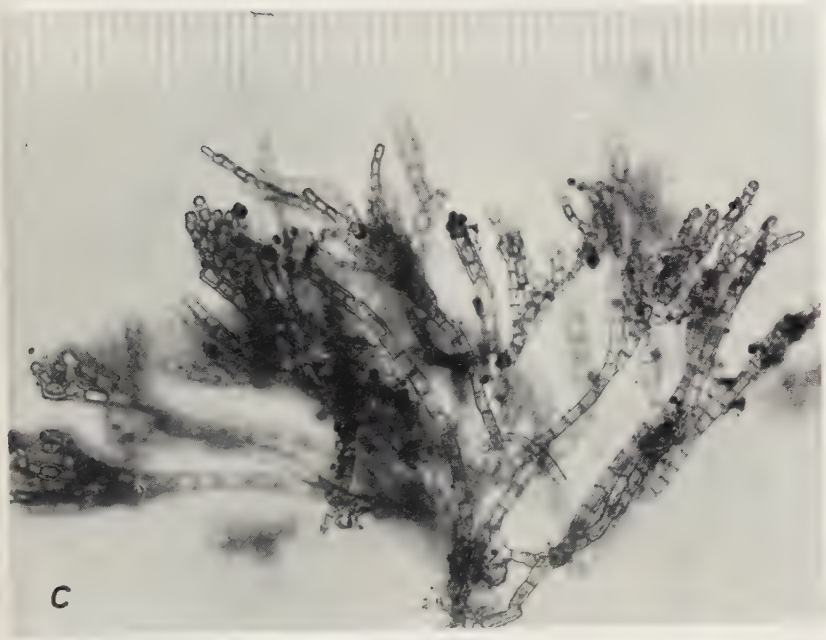
f) *Hydrurus foetidus* AGARTH,
beginnendes Vertikalwachstum

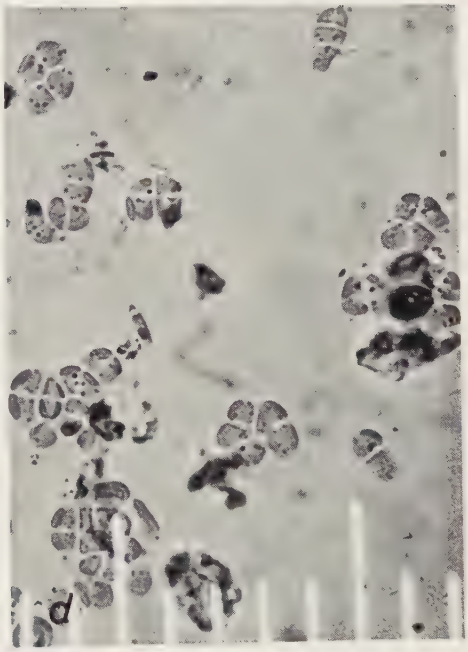
g) *Tribonema vulgare* PASCHER

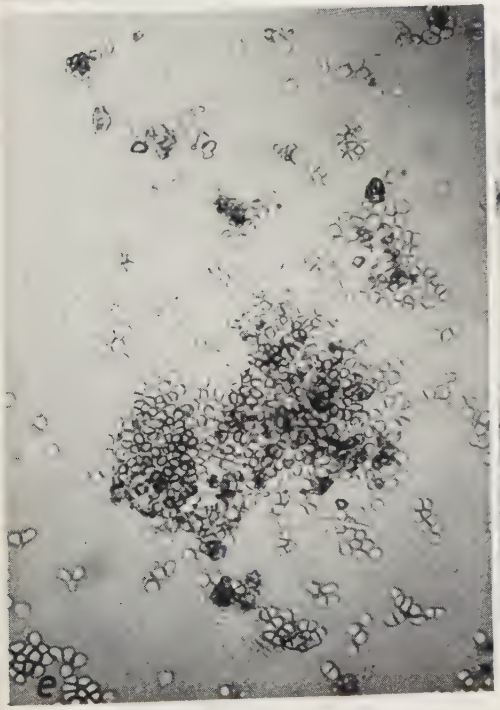
Die Abstände zwischen zwei kurzen Streifen entsprechen jeweils 10 µm.

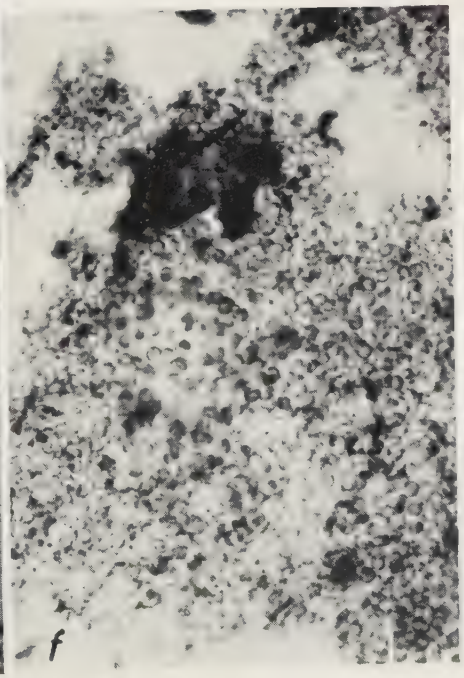
a

b


c


d


e

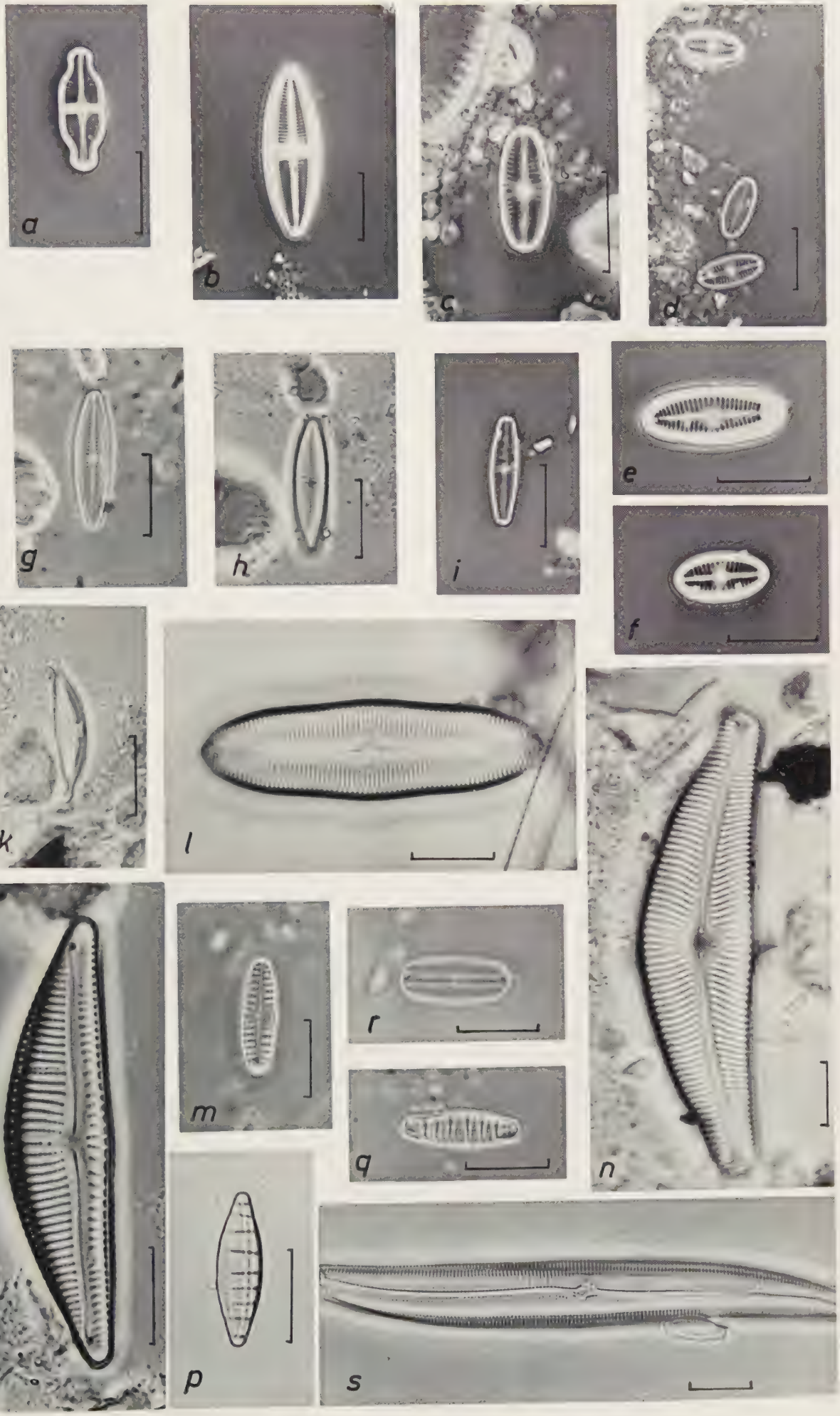

f

g

Legende zu Tafel 7

a) *Achnanthes exigua* GRUN.
b) *Achnanthes hungarica* GRUN.
c-f) *Achnanthes kryophila* PET.
g-i) *Achnanthes linearis* (W. SM.) GRUN.
k) *Amphora normani* RABH.
l) *Caloneis silicula* (EHRBG.) CLEVE
m) *Cymbella sinuata* KÜTZ.
n) *Cymbella tumida* (BRÉB.) v. HEURCK
o) *Cymbella turgida* (GREGORY) CLEVE
p) *Denticula tenuis* var. *crassula* (NAEG.) HUST.
q) *Diatoma anceps* (EHRBG.) KIRCHEN.
r) *Diploneis oculata* (BRÉB.) CLEVE
s) *Gyrosigma acuminatum* (KÜTZ.) RABH.

Die Meßstreifen entsprechen jeweils 10 µm.


a
b
c
d
e
f
g
h
i
k
l
m
n
o
p
q
r
s

Legende zu Tafel 8

a) *Gomphonema intricatum* var. *pumila* GRUN.
Achnanthes lanceolata (BRÉB.) GRUN.
Achnanthes linearis (W. SM.) GRUN.
Navicula atomus (KÜTZ.) GRUN.

b) *Navicula accomoda* HUST.

c) *Navicula cari* EHRBG.
Navicula fluens HUST.

d) *Navicula fluens* HUST.
Nitzschia dissipata (KÜTZ.) GRUN.

e) *Navicula difficillima* HUST.
Nitzschia palea (KÜTZ.) W. SMITH

f) *Navicula gracilis* EHRBG.

g) *Navicula lanceolata* (AG.) KÜTZ.

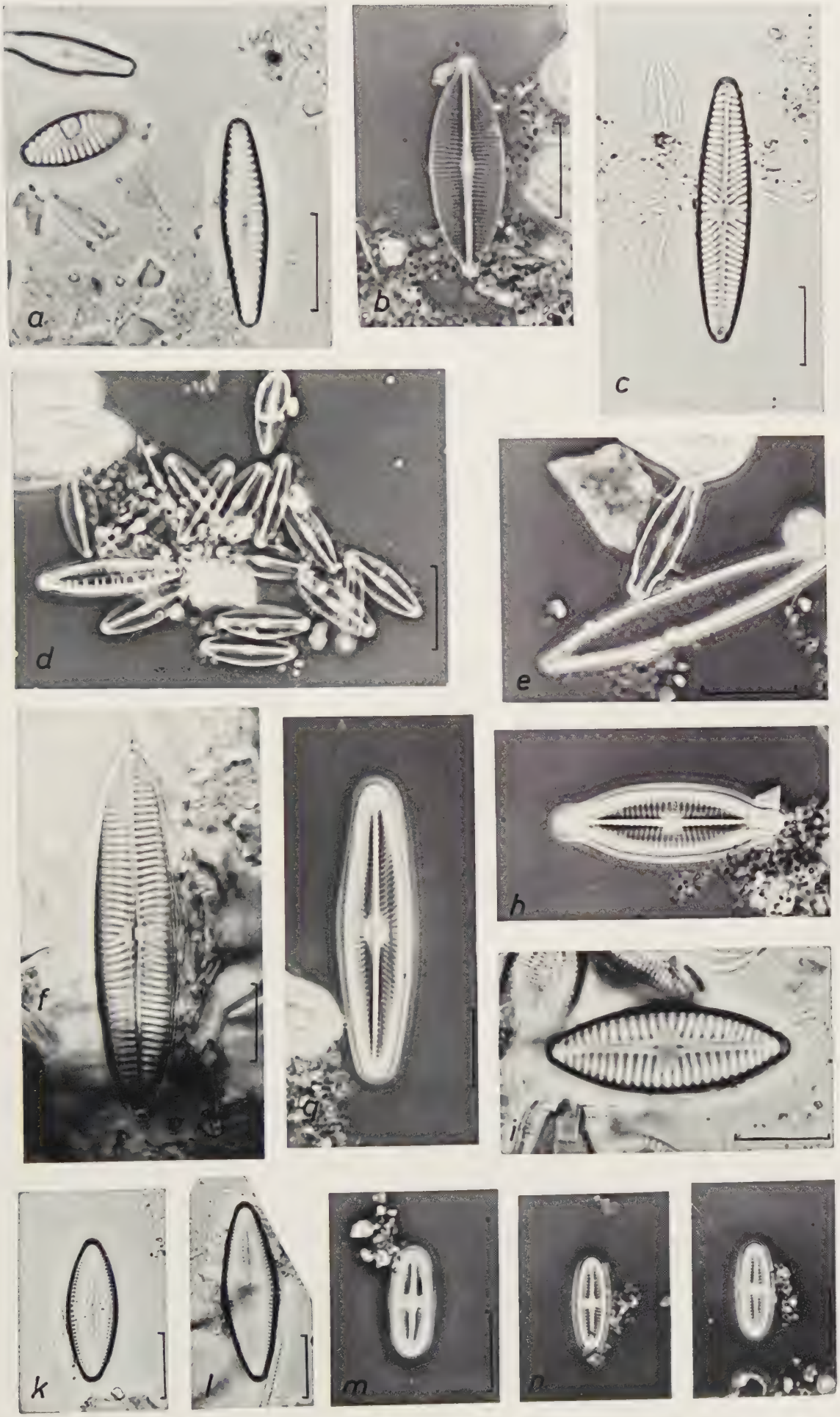
h) *Navicula lanceolata* var. *phyllepta* (KÜTZ.) CLEVE

i) *Navicula menisculus* SCHUMANN

k-l *Navicula mutica* KÜTZ.

m-o) *Navicula seminulum* GRUN.

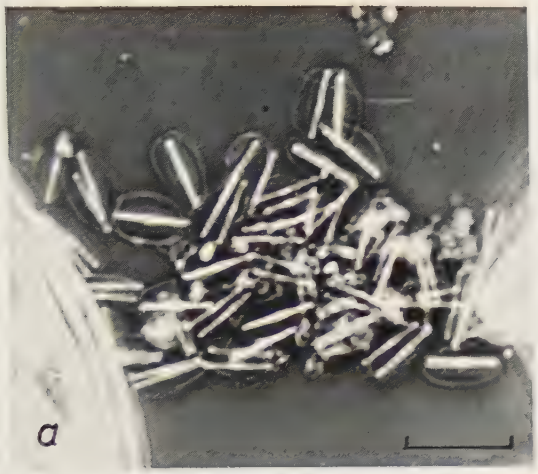
Die Meßstreifen entsprechen jeweils 10 µm.

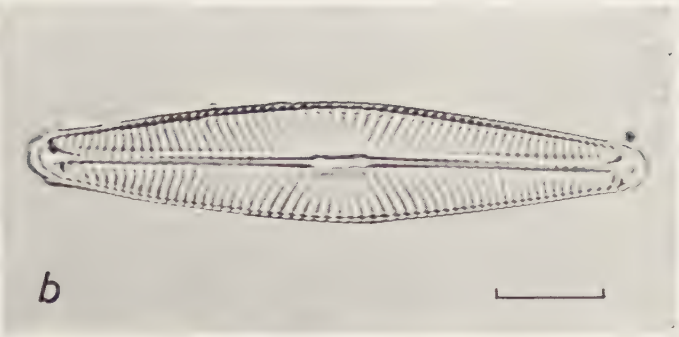

a
b
c
d
e
f
g
h
i
k
l
m
n

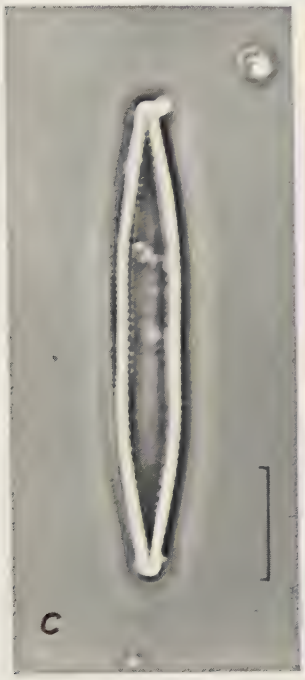
Legende zu Tafel 9

a) *Navicula pelliculosa* (BRÉB.) HILSE
b) *Navicula viridula* KÜTZ.
c + d) *Nitzschia capitellata* HUST.
e) *Nitzschia communis* RABH.
f + g) *Nitzschia hantzschiana* RABH.
h + i) *Nitzschia kützingiana* HILSE
k) *Nitzschia linearis* W. SMITH
l) *Nitzschia palea* (KÜTZ.) W. SMITH
m) *Nitzschia thermalis* KÜTZ.

Die Meßstreifen entsprechen jeweils 10 µm.

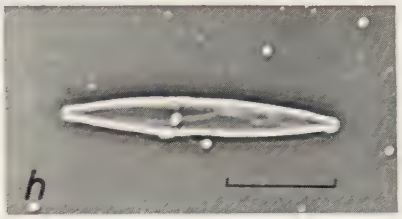

a

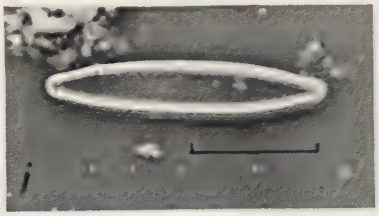

b


c

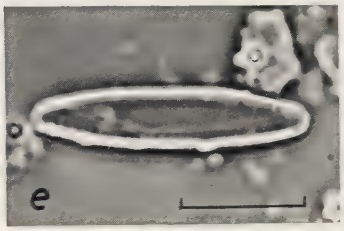
d

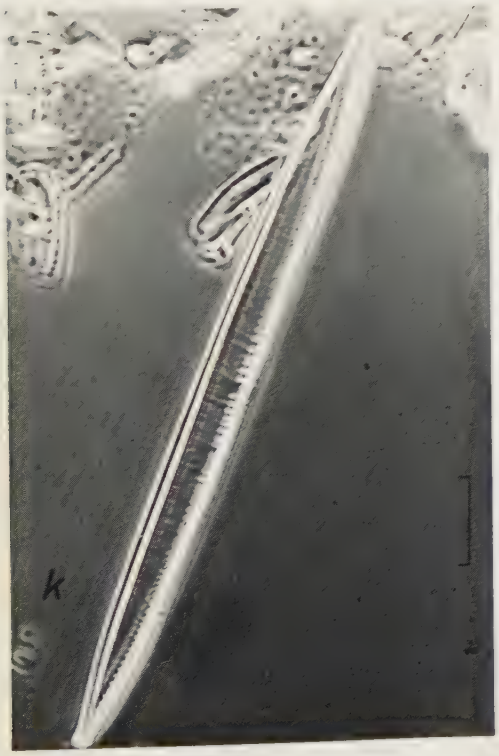
f

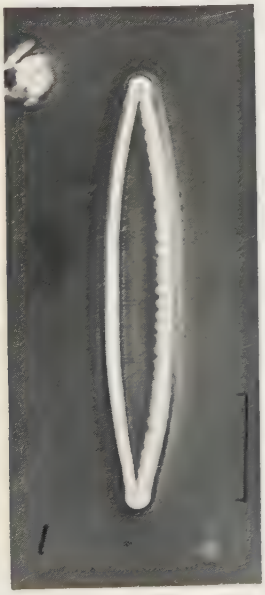

h


i

g


e


k


l

m

Legende zu Tafel 10

a) *Pinnularia appendiculata* (AG.) CLEVE

b) *Pinnularia borealis* EHRBG.

c) *Pinnularia gibba* EHRBG.

d) *Pinnularia nodosa* EHRBG.

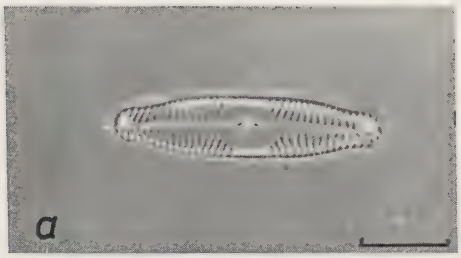
e) *Synedra rumpens* var. *familiaris* (KÜTZ.) GRUN.

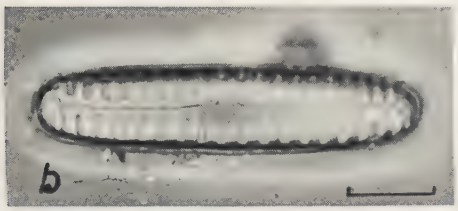
f) *Surirella ovalis* BRÉB.

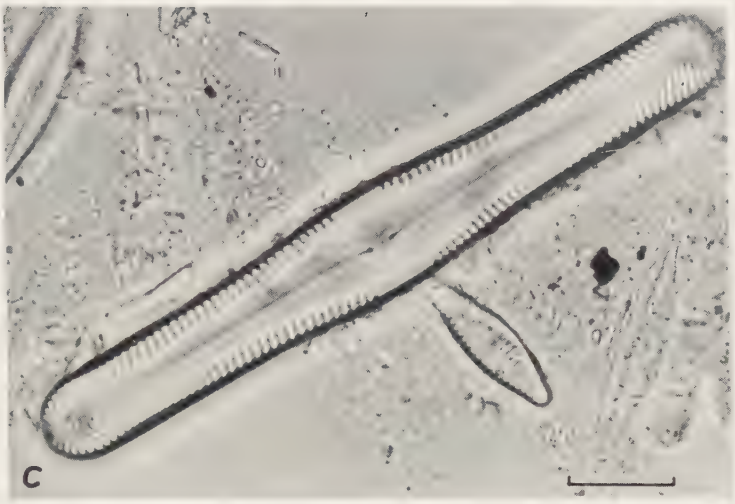
g) *Coleochaete soluta* PRINGS.
(gefärbt mit Methylenblau)

h) *Oedogonium capillare* (L.) KÜTZ.

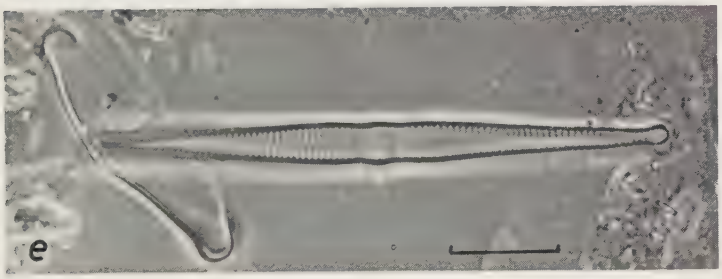
Wenn nicht anders vermerkt, entsprechen die Meßstreifen jeweils 10 µm.

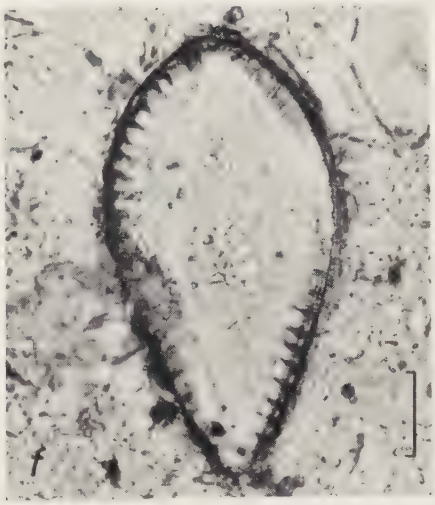

a

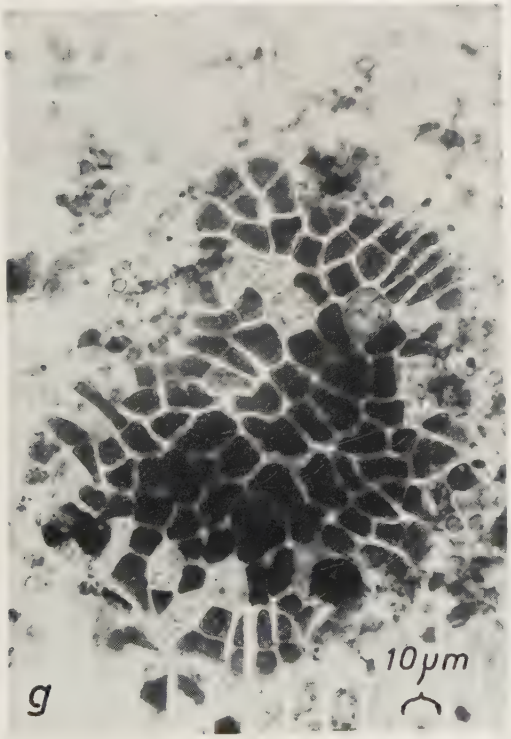

b

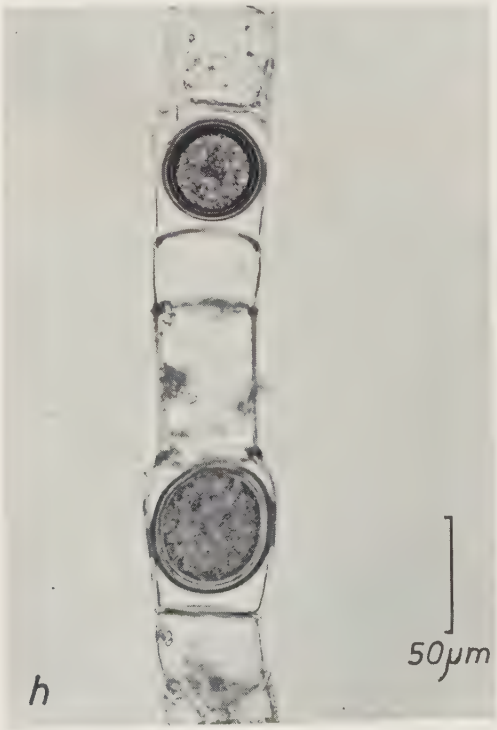

c

d


e


f


10µm
g


50µm
h

Legende zu Tafel 11

a) *Sporotetras pyriformis* BUTCHER

b) *Spirogyra circumlineata* TRANS.

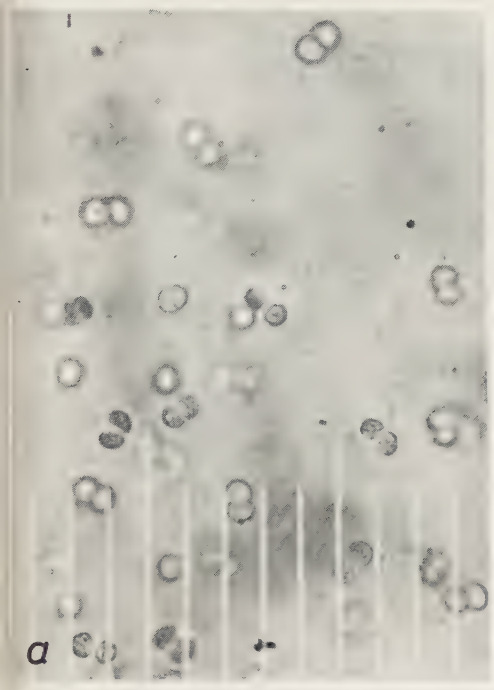
c) *Spirogyra circumlineata* TRANS., Zygote

d) *Stigeoclonium protensum* (DILLW.) KÜTZ., Habitus

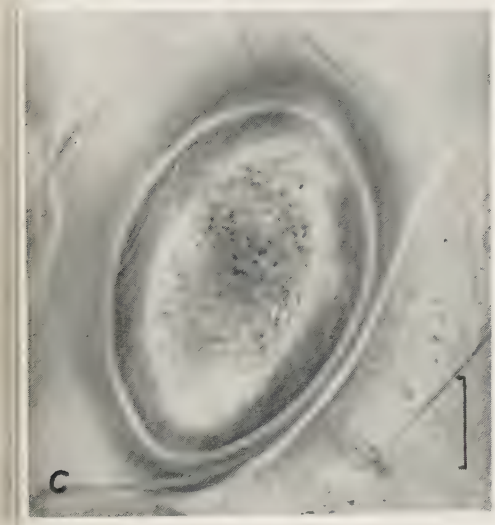
e) *Stigeoclonium protensum* (DILLW.) KÜTZ., dieselbe Pflanze stärker vergrößert

f) *Stigeoclonium protensum* (DILLW.) KÜTZ., dieselbe Pflanze im Detail

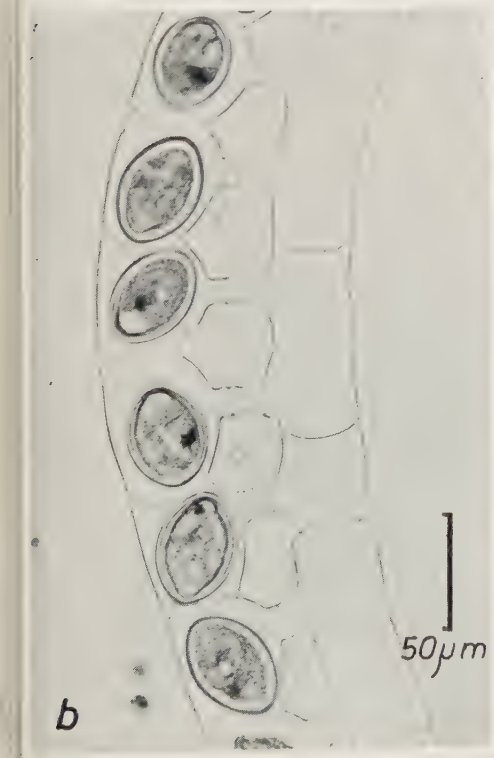
Wenn nicht anders vermerkt, entsprechen die Abstände zwischen zwei kurzen Streifen jeweils 10 µm.


a

d


c

e


50µm
b

f

Legende zu Tafel 12

a) *Protoderma* sp. BACKHAUS
(gefärbt mit Methylenblau)

b) *Protoderma* sp. BACKHAUS
große Ähnlichkeit mit atypischer *Ulvella frequens*
(gefärbt mit Methylenblau)

c) *Ulvella frequens* BUTCHER mit
Cocconeis placentula EHRBG.
typischer Sommeraspekt im Oberlauf

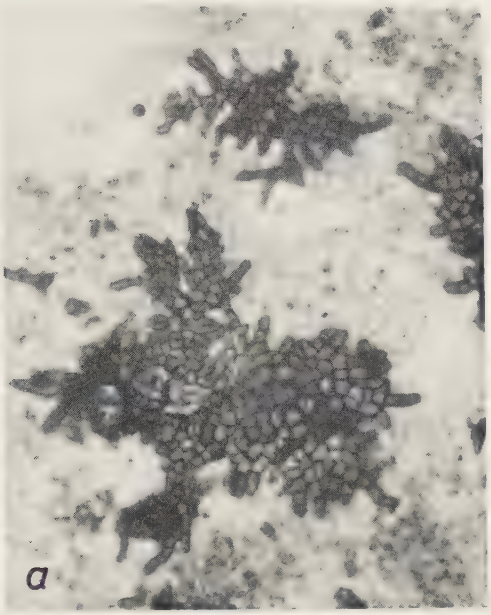
d) *Stigeoclonium farctum* var. *rivulare* BUTCHER,
typische Pflanze

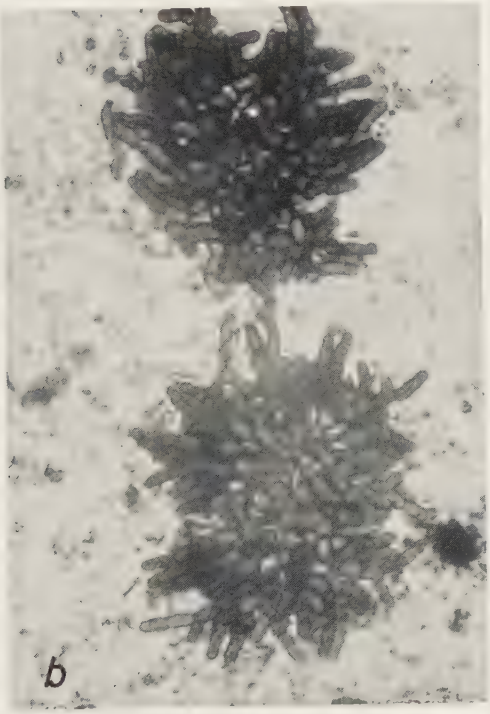
e) *Stigeoclonium farctum* var. *rivulare* BUTCHER,
Wassertriebe vom Substrat abgelöst
(gefärbt mit Methylenblau)

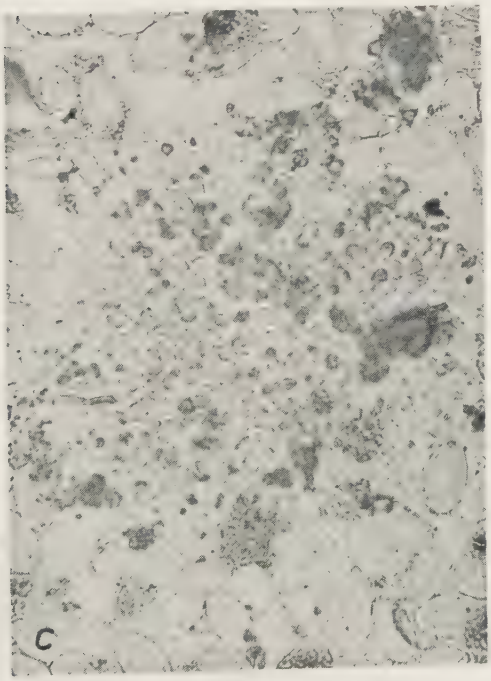
f) *Stigeoclonium farctum* var. *rivulare* BUTCHER,
durch Schneckenfraß (?) zerstört
(gefärbt mit Methylenblau)

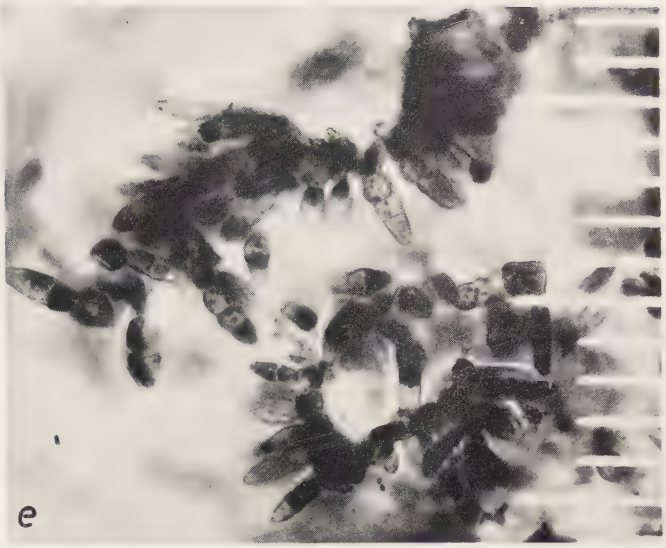
g) *Stigeoclonium farctum* var. *rivulare* BUTCHER,
nach Schneckenfraß (?) regenerierende Pflanze
(gefärbt mit Methylenblau)

Wenn nicht anders vermerkt, entsprechen die Abstände zwischen zwei kurzen Streifen jeweils 10 µm.

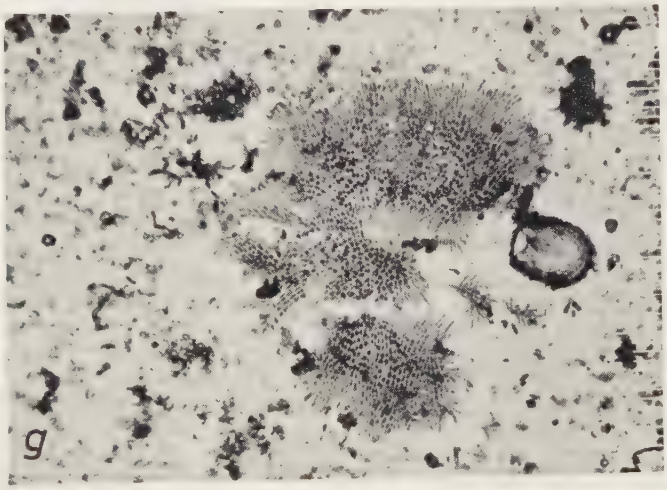

a

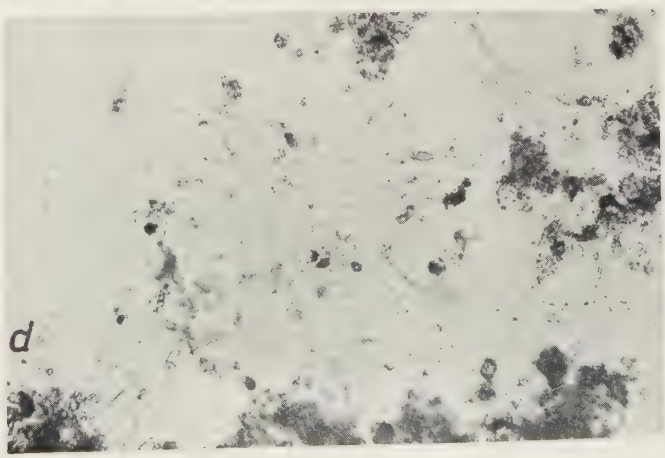

b


c


e

f
100µm


g


d

Legende zu Tafel 13

a + b) *Protoderma* sp. BACKHAUS

c) *Ulvella frequens* BUTCHER
mit breiter Gallerthülle

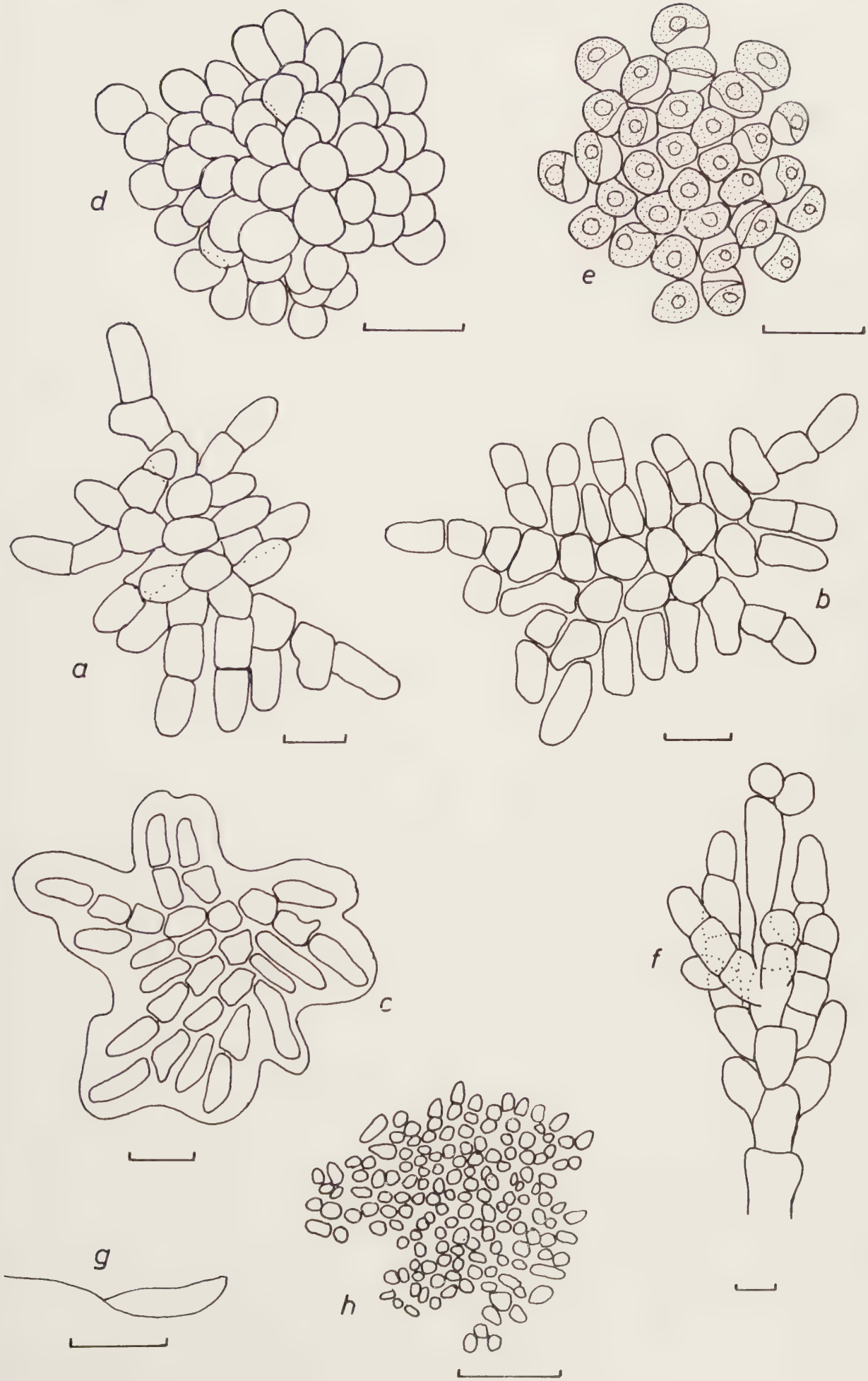
d + e) *Sphaerobotrys fluviatilis* BUTCHER

f) *Batrachospermum moniliforme* (L.) ROTH, Karpogon

g) *Clastidium setigerum* KIRCHNER

h) *Hydrococcus cesatii* RABENH., junges Lager
noch ohne Vertikalwachstum

Die Meßstreifen entsprechen jeweils 10 µm.


d
e
a
b
c
f
g
h

Legende zu Tafel 14

a-c) *Stigeoclonium* sp. aus dem Oberlauf.
Die Bildung von Wasserstämmen ist weitgehend auf farblose Haare reduziert (Pfeile).

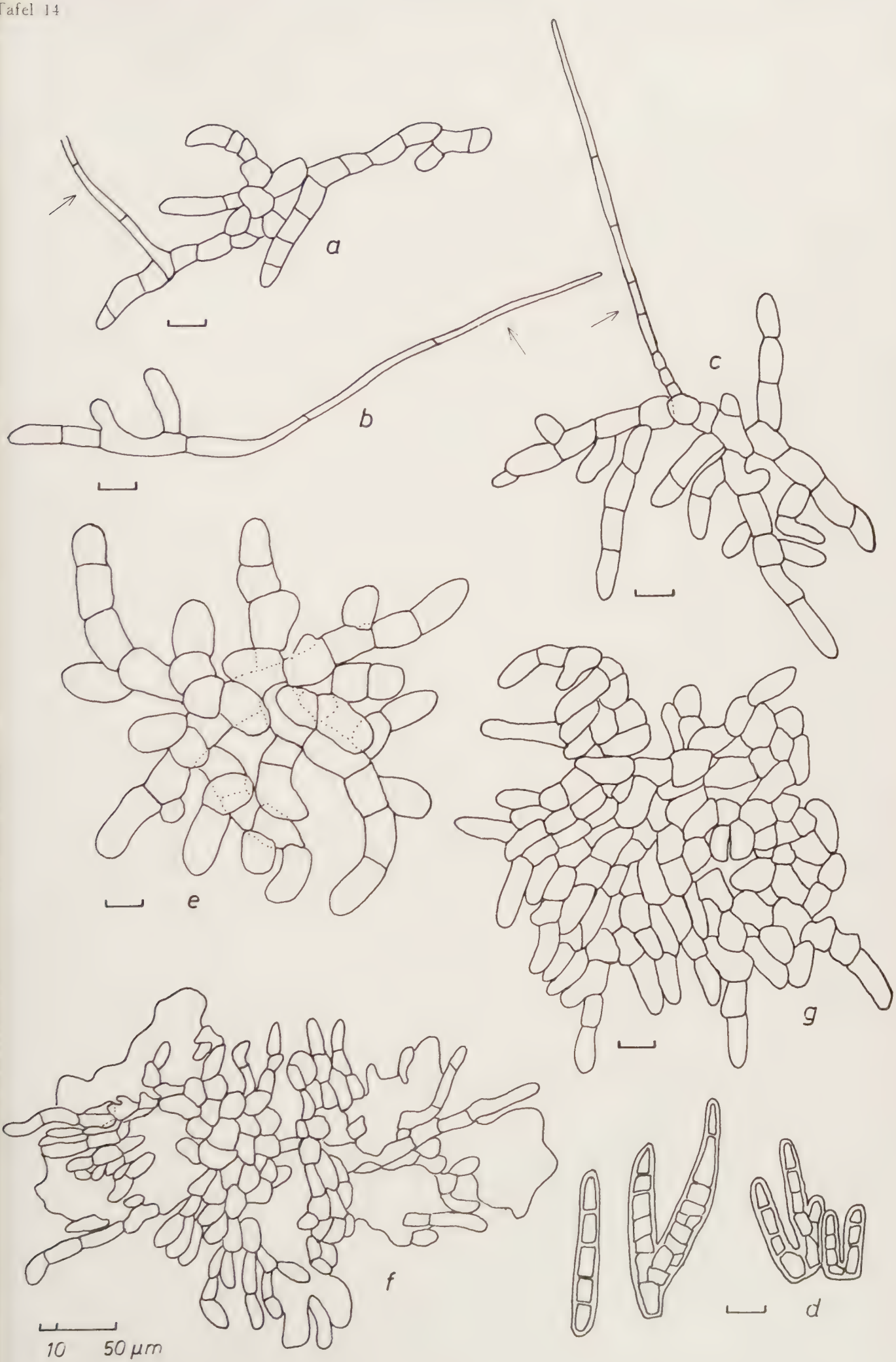
d) *Stigeoclonium farctum* var *rivulare* BUTCHER, isolierte Wasserstämme. Über dieses Stadium geht die Wasserstammbildung in der Erft nicht hinaus.

e) *Gongrosira incrustans* (REINSCH) SCHMIDLE, sehr junge Pflanze mit beginnendem Vertikalwachstum aus dem Oberlauf (Inkrustation nicht gezeichnet.).

f) *Gongrosira incrustans* (REINSCH) SCHMIDLE, stark inkrustrierte Pflanze aus dem Unterlauf. Das Vertikalwachstum ist weitgehend reduziert.

g) *Protoderma* sp. BACKHAUS

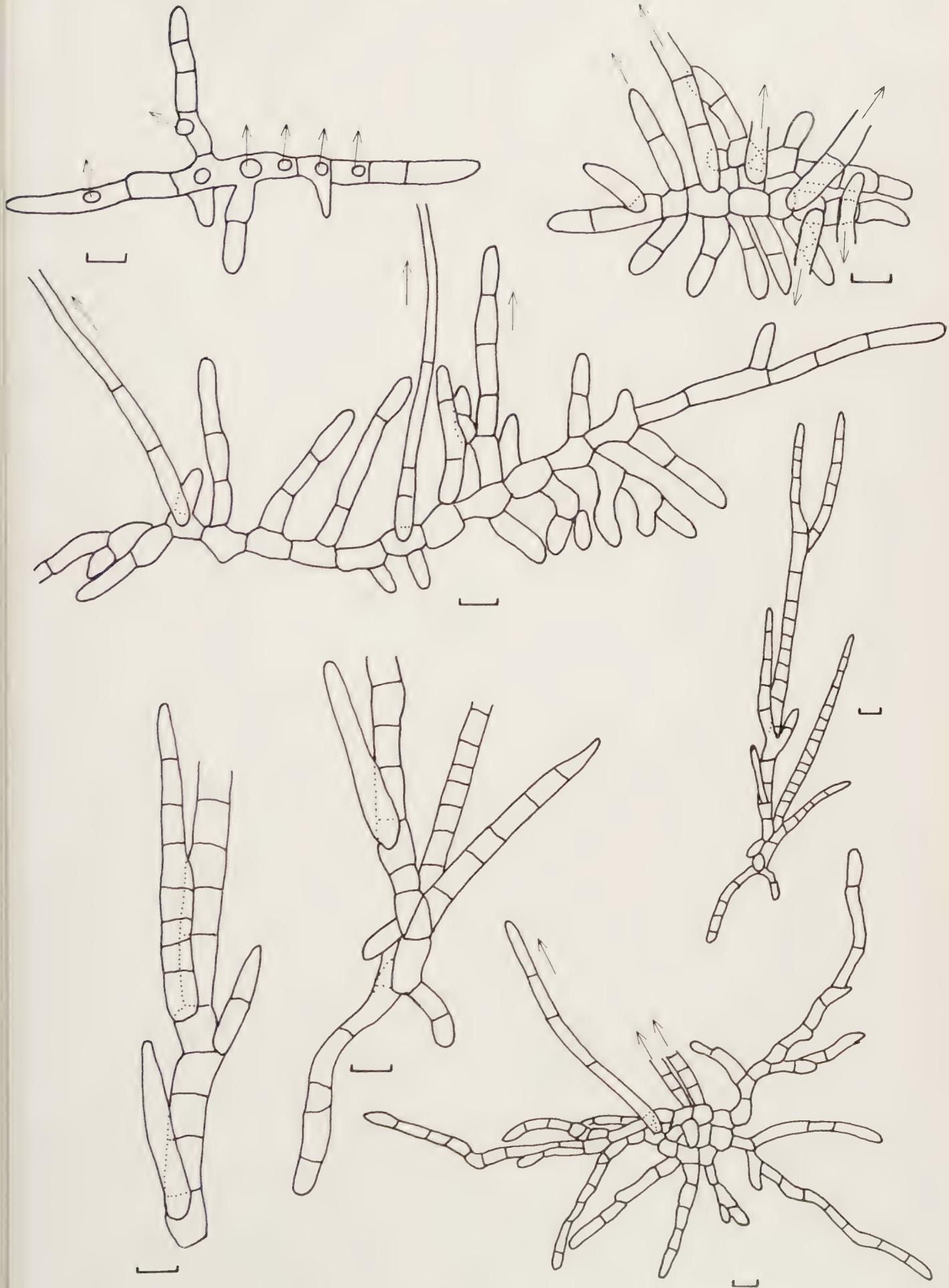
Die Meßstreifen entsprechen jeweils 10 µm.


a
b
c
e
g
f
d
10 50 µm

Legende zu Tafel 15

Stigeoclonium tenue (AG.) KÜTZ.,
verschiedene Stadien.

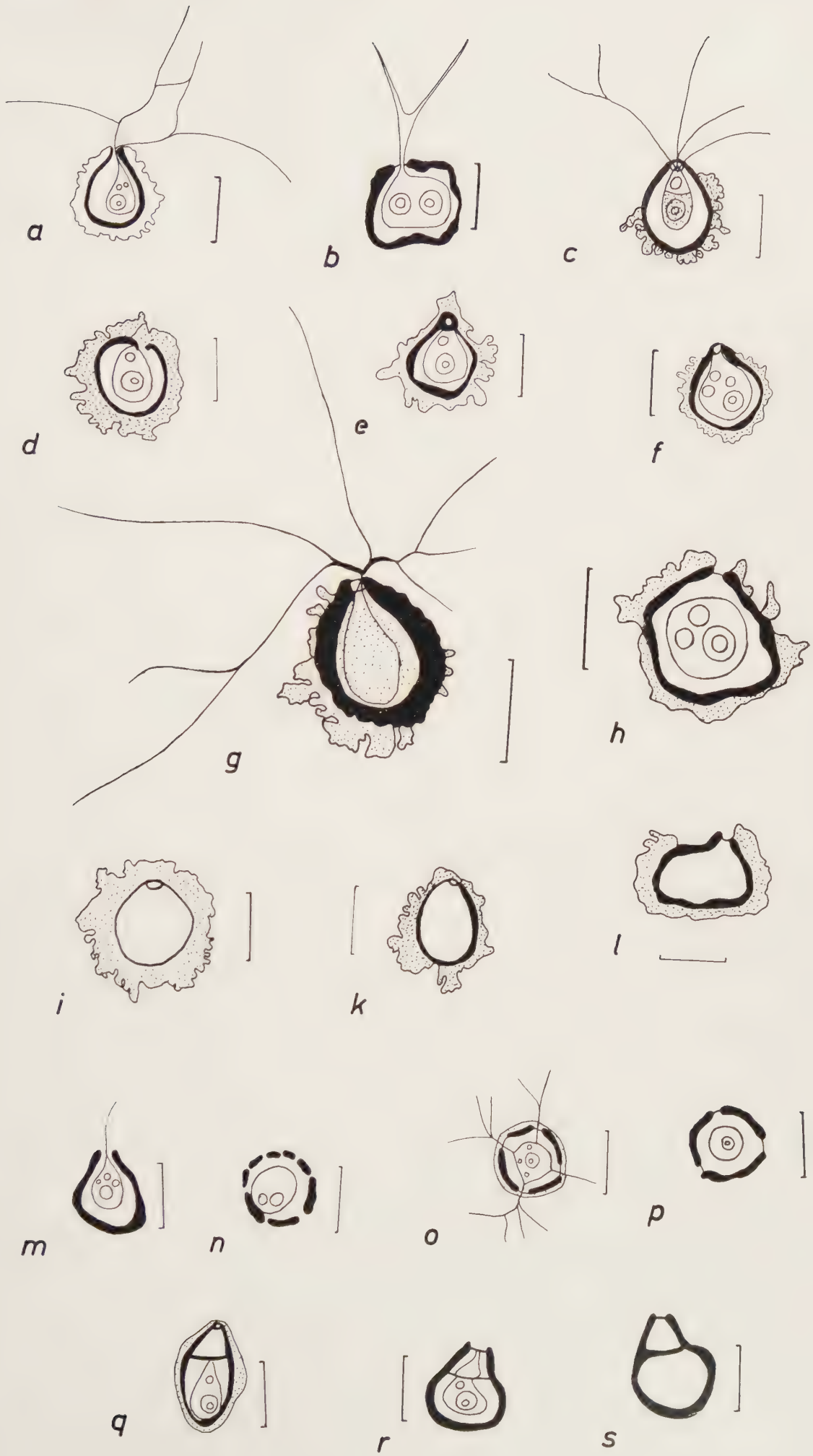
Pfeile deuten Wassertriebe an.
Die Meßstreifen entsprechen jeweils 10 µm.



Legende zu Tafel 16

a-m) *Apogromia mucicola* (ARCHER) DE SAEDELEER
h-p) *Microcometes paludosa* CIENKOWSKI
q-s) *Belaria bicorpor* DE SAEDELEER

Die Meßstreifen entsprechen jeweils 10 µm.


a
b
c
d
e
f
g
h
i
k
l
m
n
o
p
q
r
s

Wasserwirtschaftliche Schriftenreihe
des
Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten
des Landes Nordrhein-Westfalen
weitergeführt von der
Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

1. Weimann, R.:	Zur Gewässerüberwachung — 1951 — vergriffen
2. Wandel, G.:	Über den Nutzen und Schaden des Uferbewuchses an fließenden Gewässern. — 1952 — vergriffen.
3. Ministerium für Wirtschaft und Verkehr:	50 Jahre Gewässerkunde — Beiträge zur Gewässerkunde — 1952 — vergriffen.
4. Schnell, K.:	Gewässerkundliche Karten von Nordrhein-Westfalen — 1955 — vergriffen.
5. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NW:	Wasserwirtschaftliche Probleme im Erftgebiet — Zum Gesetzentwurf über die Gründung des Großen Erftverbandes. 1 und 2. Auflage — 1956 — vergriffen.
6. Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes NW und Wasser- und Schiffahrtsdirektion Duisburg:	Die Verunreinigung des Rheins im Lande Nordrhein-Westfalen; Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung. Stand: Ende 1956 — vergriffen.
7. Lange, O.:	Untersuchungen über die Abflußverhältnisse im Ruhrgebiet — 1957 —.
8. Natermann, E.:	Der Wasserhaushalt des oberen Emsgebietes nach dem Au-Linien-Verfahren — 1958 —.
9. Siemon, E.	Berechnung von Grundwasserabsenkungen unter Berücksichtigung des Grundwasserhaushaltes — 1958 —.
10. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NW:	Nachtrag zur Denkschrift: „Wasserwirtschaftliche Probleme im Erftgebiet". Stand vom 31. 12. 1957 — 1958 — vergriffen.
11. Grimm, J.	Physikalische, chemische, biologische und bakteriologische Untersuchungen an der Kerspe-Talsperre —1959— vergriffen.
12. Wasserwirtschaftsstelle für das Emsgebiet in Münster:	Verzeichnis der Flächeninhalte der Niederschlagsgebiete der Ems, der Küstenflüsse zwischen Weser und Ems und der Zuflüsse zum Isselmehr im deutschen Grenzgebiet zwischen Ems und Rhein mit einer Übersichtskarte der Gebiete 1 : 200 000. — 1959 — (1957).
13. Kirwald, E.:	Die Einbindung von Wasserläufen in die Landschaft und ihre Sicherung mit naturnahen Mitteln — 1959 —.
14. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NW:	Verzeichnis der Pegel im Rhein-, Ems- und Wesergebiet — 1959 —.

15. WWA Münster: Das Abflußjahr 1959/60 in der Reihe niederschlags- und abflußarmer Jahre seit 1953 im Münsterland — 1961 —.

16. Wurmbach, H., Biwer, A., Bucksteeg, W. und Thiele, H.: Schilddrüsenveränderungen und Kropfbildung durch antithyreale Substanzen, besonders der Abwässer und Urochrome — 1962 —.

17. Eskuche, U.: Herkunft, Bewegung und Verbleib des Wassers in den Böden verschiedener Pflanzengesellschaften des Erfttales — 1963 —.

18. Diesel, E. Die Grundwasserbeschaffenheit im linksrheinischen Kölner Wirtschaftsraum — 1963 —.

19. Bick, H. Die Sukzession der Organismen bei der Selbstreinigung von organisch verunreinigtem Wasser unter verschiedenen Milieubedingungen. Modellversuch unter besonderer Berücksichtigung der Ziliaten. — 1964 — vergriffen.

20. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten NW: Die Verunreinigung des Rheins im Lande Nordrhein-Westfalen. 2. Denkschrift. Stand: Ende 1962 —1964—.

21. Reploh, H., Nehrkorn, A.: Untersuchungen über die Reinigung von Molkereiabwässern durch einen Oxydationsgraben — 1964 —.

22. Schneider, H., Thile, S.: Geohydrologie des Erftgebietes — 1965 —.

23. Schwickerath, M.: Untersuchungen über den Uferbewuchs der regulierten Rur von der Autobahnbrücke bei Düren abwärts bis oberhalb Altenburg im Jahre 1962 — 1965 — vergriffen.

24. Langguth, R.: Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels (Rhein. Schiefergebirge) — 1966 —.

25. Weimann, R.: Von Ufer und Landschaften der Rur — 1966 —.

26. Ant, H.: Die Benthos-Biozönosen der Lippe — 1966 —.

27. Wurmbach, H., Schneider, H., Wagner, P., Bochert, U. und Clasen, J.: Untersuchungen über die Toxizität und die Wirkung von Polyphosphaten auf das Wachstum von Kulturen von Amöben, Rädertieren und Kaulquappen sowie auf die Sukzession von Organismen im Zelluloseabbauversuch — 1966 —.

28. Herbst, H. V.: Limnologische Untersuchungen von Tagebaugewässern in den Rekultivierungsgebieten der Braunkohlenindustrie im Kölner Raum — 1966 —.

29. Clasen, J.: Polyphosphatumsatz und Organismensukzession in Modellgewässern — 1966 —.

30. Sauerwein, K.: Wasseruntersuchungen mit Radioisotopen an der Lingese-Talsperre — 1967 —.

31. Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz: Untersuchungseinrichtungen der Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz — 1972 —.

32. Heuss, K. Kalthoff, H. und Klös, H.: Basisuntersuchung Schwalm, limnologisch-wasserwirtschaftliche Untersuchungen an einem Flachlandfluß unter besonderer Berücksichtigung der Wassergüte — 1972 —.

Lebenslauf

1. 9. 1936: Geburt als Sohn des Wirkermeisters Werner Friedrich und seiner Ehefrau Käthe in Apolda/Thüringen.

1942—1955: Besuch der Grund- und Oberschule in Apolda und Berlin.

Ab WS 1955/56: Studium an der Freien Universität Berlin.

1961: Erste (Wissenschaftliche) Staatsprüfung für das Lehramt an Höheren Schulen mit der Fächerkombination Biologie, Chemie und Erdkunde.

Seit 1961: verheiratet mit Gudrun Creuz aus Apolda, drei Kinder.

1963: Zweite (Philologische) Staatsprüfung für das Lehramt an Höheren Schulen.

Ab. 1. 11. 1963: wissenschaftliche Tätigkeit als Hydrobiologe an der Limnologischen Station Niederrhein in der M.P.G. (seit 1. 1. 1969 Biologischer Dienst der Landesanstalt für Gewässerkunde und Gewässerschutz NW).

Mai 1966: Beginn der Dissertation.

Seit WS 1969/1970: Lehraufträge an der Universität Düsseldorf.